581.1
H25u

Zoologischen Institut ... Bern

Über das Verhältnis von Zellkern und Zellplasma bei Ceratium und seine Bedeutung für Variation und Periodizität

von

Otto Hartmann

Mit 4 Tafeln

Sonderabdruck aus dem »Archiv für Zellforschung«. XIV. Band. 2. Heft

Leipzig
Wilhelm Engelmann
1916

Mitteilung an die Herren Mitarbeiter.

Sämtliche Beiträge für das Archiv für Zellforschung, deren Veröffentlichung in deutscher, französischer, englischer und italienischer Sprache erfolgen kann, bittet man an die Adresse des Herrn Professor Dr. **R. Goldschmidt**, Zoologisches Institut, München, Alte Akademie zu senden.

Die Herren Mitarbeiter erhalten an *Honorar* ℳ 40.— für den Druckbogen. Übersteigt eine Arbeit den Umfang von 4 Bogen, so wird für den Mehrumfang ein Honorar nicht gewährt. Dissertationen sind von der Honorierung ausgeschlossen.

Den Herren Mitarbeitern werden 40 Sonderdrucke von ihren Abhandlungen und Aufsätzen unberechnet geliefert. Weitere Exemplare stehen auf Wunsch gegen Erstattung der Herstellungskosten und unter der Voraussetzung, daß sie nicht für den Handel bestimmt sind, zur Verfügung.

Die *Manuskripte* sind *nur einseitig beschrieben* und *druckfertig* einzuliefern, **d. h. so, daß das Lesen der Korrektur in der Ausmerzung von Satzfehlern besteht, nicht in einer stilistischen oder sachlichen Umarbeitung.** Jedes Einschieben von Worten und ähnliche Änderungen sind mit entsprechenden Kosten verknüpft und sie müssen, wenn dadurch die normalen Korrekturkosten wesentlich erhöht werden, den betr. Herren Autoren zur Last gelegt werden.

Die *Zeichnungen* für Tafeln und Textabbildungen (diese mit genauer Angabe, wohin sie im Text gehören) werden auf *besondern* Blättern erbeten, auch wolle man beachten, daß für eine getreue und saubere Wiedergabe gute Vorlagen unerläßlich sind. Anweisungen für zweckmäßige Herstellung der Zeichnungen mit Proben der verschiedenen Reproduktionsverfahren stellt die Verlagsbuchhandlung den Herren Mitarbeitern auf Wunsch zur Verfügung. Bei photographisch aufgenommenen Abbildungen wird gebeten, die *Negative* bei Absendung des Manuskripts unmittelbar *an die Verlagsbuchhandlung* zu schicken.

Die Veröffentlichung der Arbeiten geschieht in der Reihenfolge, in der sie druckfertig in die Hände der Redaktion gelangen, falls nicht besondere Umstände ein späteres Erscheinen notwendig machen.

Die Korrekturbogen werden den Herren Verfassern von der Verlagsbuchhandlung regelmäßig zugeschickt, und es wird dringend um deren *sofortige Erledigung* und Rücksendung (ohne das Manuskript) an die Verlagsbuchhandlung gebeten. *Von etwaigen Änderungen der Aufenthalt oder vorübergehender Abwesenheit bitte man die Redaktion oder die Verlagsbuchhandlung sobald als möglich in Kenntnis zu setzen. Bei säumiger Ausführung der Korrektur hat der Verfasser es sich selbst zuzuschreiben, wenn seine Arbeit etwa für ein späteres Heft zurückgestellt werden muß.*

Redaktion und Verlagsbuchhandlung.

581.1
H25u

Über das Verhältnis von Zellkern und Zellplasma bei Ceratium und seine Bedeutung für Variation und Periodizität.

Von

Otto Hartmann (Graz).

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Graz.)

Mit Tafel XIX—XXII.

Einleitung.

Das Bestreben der modernen hydrobiologischen Forschung, im speziellen der Planktologie geht hinsichtlich der Erforschung der Cyclomorphose der Planktonten dahin, diese aus äußeren und inneren Bedingungen heraus kausal zu verstehen. Jedoch hat man bisher den Organismus als ganzes den äußeren Faktoren gegenübergestellt und nun die einzelnen Formumwandlungen und Größenvariationen einfach schlechthin als Reaktionsresultate auf diese Faktoren betrachtet und ähnlich ist man auch mit den inneren Systembedingungen verfahren, die man etwa als die cyclische Variation verursachend hinstellen wollte. — Auch da hat man den Organismus als einheitliches und geschlossenes System betrachtet, ohne zu bedenken, daß vielleicht gerade in der verschiedenen Beeinflußbarkeit seiner einzelnen Elemente durch äußere und innere Faktoren die Ursachen der Cyclomorphose wenigstens teilweise gefunden werden könnten. Mit einem Wort: man hat bei diesen Studien zu wenig zellphysiologische Gesichtspunkte zugrunde gelegt. Solche Gesichtspunkte, insbesondere die Lehre von der Kernplasmarelation, auf diese Probleme anzuwenden, will ich in vorliegenden Zeilen zu unternehmen wagen. Es muß betont werden, daß zwar hier nur einzellige Organismen zugrunde gelegt werden, daß aber diese Prinzipien, — falls man auf diesbezügliche Untersuchungen gestützt das unternehmen wird, — auch auf die vielzelligen Planktonten, insbesondere also auf Rotatorien und Cladoceren werden angewandt werden können. (Siehe Hartmann: Zoolog. Jahrb. 1916.)

Durch zahlreiche Messungen konnte ich zeigen, daß bei *Ceratium hirundinella* und *cornutum* die Kernplasmarelation in Abhängigkeit von der Temperatur steht, und daß auch sonst diese Organismen vielfach dasselbe Verhalten zeigen wie die Infusorienkulturen und andre Forschungsobjekte, auf deren Untersuchung sich der gewaltige Bau der Kernplasmarelationslehre erhebt. Somit sind wir auch berechtigt, die Prinzipien dieser Lehre zur Erklärung des Verhaltens der Ceratien heranzuziehen.

Bevor ich zum speziellen Thema übergehe, wird es notwendig sein, die Grundlagen der Kernplasmarelationslehre kurz anzuführen. Bezüglich der Einzelheiten und speziellen Fragen muß ich auf die Arbeiten im Literaturverzeichnis verweisen, wo allerdings auch unter der Fülle der erschienenen Literatur eine Auswahl getroffen wurde.

In der heutigen experimentellen Zellforschung hat seit den bahnbrechenden Untersuchungen R. Hertwigs die von ihm so genannte Kernplasmarelation steigende Beachtung und Bearbeitung erfahren. Indem man davon ausgeht, daß einmal Zellkern und Zellplasma relativ selbständige, wohl abgegrenzte Systeme darstellen, daß aber andererseits gerade ihr Zusammenwirken zur bleibenden Funktionsfähigkeit der Zelle notwendig ist, muß man sich die Frage vorlegen, ob und welchen Einfluß Störungen dieser beiden Systeme in ihren gegenseitigen Beziehungen, die sich wohl am augenfälligsten als Verschiebungen des Massenverhältnisses beider konstatieren lassen, auf das Leben der Gesamtheit ausüben. Es liegt auf der Hand, daß die bequemste Methode, die physiologischen Beziehungen beider Systeme zu erforschen, die Vergleichung der Volumina ist. Mag man damit auch vielleicht nur einen Teil dieser Wechselwirkung zwischen Kern und Plasma messend verfolgen, so gehören jedenfalls Veränderungen, die sich einmal in volumometrischen Variationen äußern, zu den bedeutenderen und müssen jedenfalls für das Zelleben centrale Bedeutung besitzen.

Die zahlreichen in dieser Richtung angestellten, von Hertwig inaugurierten Untersuchungen haben nun dargetan, daß das Verhältnis von Kern und Protoplasma, die Kernplasmarelation, unter bestimmten gegebenen Bedingungen einen ganz bestimmten Größenwert hat, den zu verändern ohne tiefgreifende Störung der Lebensvorgänge unmöglich ist. Das Hauptobjekt der Untersuchungen bildeten zunächst begreiflicherweise einzellige Organismen. An solchen Kulturen konnte man feststellen, wie auf eine Zeit lebhafter Vermehrung und hoher Vitalität eine Abnahme der Teilungsrate sowohl als der Vitalität eintrat, die als Depression bezeichnet wird. Es zeigte sich, daß die Zellkerne dieser in Depression befindlichen Tiere über die Norm vergrößert

waren, so daß also die Kernplasmarelation zugunsten des Kernes gestört war. Dieses Moment ist nun nach HERTWIG die Ursache jener physiologischen Depression. War diese nicht zu tief, so konnte durch Resorption seitens des Plasma oder Ausstoßung von Kernmaterial die normale Kernplasmarelation und damit auch die alte Vitalität erreicht werden.

Endlich aber können diese Zustände, infolge des Umstandes, daß nach der Überwindung einer Depression der Kern nie mehr vollkommen reduziert wird, nicht mehr so leicht überwunden werden und es tritt Encystierung oder Konjugation ein. Diese Kernhypertrophie als Ursache von Depression und Konjugation ist nun durch die Funktion, die der Kern während des Zellebens ausübt, verursacht — sie ist eine funktionelle Hypertrophie.

Weiter konnte festgestellt werden, daß die Kernplasmarelation auch von äußeren Faktoren, insbesondere von der Temperatur beeinflußt wird und zwar ist die relative Kerngröße bei höherer Temperatur kleiner als bei tieferer. Die Untersuchungen GERASSIMOWS an *Spirogyra* haben nun gelehrt, daß das Wachstum und die Teilung der Zelle ebenfalls von der Kernplasmarelation abhängig ist. Es zeigte sich, daß Zellen, die künstlich einen Kern von doppeltem Volumen bei der Teilung erhielten als normal, sich nicht mehr teilten, sondern zuerst auf das doppelte Plasmavolumen anwuchsen, also ihre gestörte Kernplasmarelation restituierten. Andererseits zeigen Zellen mit zu kleinem Kern, bei denen also die von HERTWIG so bezeichnete Kernplasmaspannung sehr groß ist, das Bestreben, sich rasch hintereinander zu teilen.

Die Bedeutung der Kernplasmarelation für Wachstum und insbesondere für eine Theorie der Zellteilung hat als erster HERTWIG erkannt. Er kam zu dem Ergebnis, daß jede Zellteilung eine Kernplasmaspannung voraussetzt, d. h. ein Mißverhältnis zwischen Kernmasse und Plasmamasse zugunsten der letzteren. »Indem das Protoplasma bei der Ernährung stärker heranwächst als der Kern«, der ein geringeres funktionelles Wachstum zeigt, kommt es dazu, » daß sich in dieser Weise allmählich ein Mißverhältnis von Kern und Protoplasma entwickelt. Hat dasselbe eine bestimmte Größe erreicht, so gewinnt der Kern die Fähigkeit, auf Kosten des Protoplasma zu wachsen und somit diesem Material zu entziehen.« Damit ist die Zelle in die Teilungsperiode eingetreten. Auf das funktionelle folgt das Teilungswachstum des Kernes, wie HERTWIG diese Stadien bezeichnet hat.

Wenn wir die Prinzipien der Kernplasmarelationslehre, soweit sie für unsere Zwecke in Betracht kommen, zusammenfassen, so können wir sagen:

I. Unter bestimmten Bedingungen ist das Verhältnis von Kern und Plasma in der Zelle eine konstante, gesetzmäßige Größe, die ohne Störungen der Vitalität unter diesen Bedingungen nicht verändert werden kann.

II. Jedoch ist eben diese Relation unter veränderten äußeren Bedingungen, insbesondere bei Temperaturvariationen, in ebenso gesetzmäßiger Weise verschieden, indem der neue Größenwert der Relation ein neues Gleichgewicht, einen neuen Anpassungs- und Ausgleichzustand gemäß den veränderten Bedingungen darstellt.

III. Die Bedingung für die Zellteilung ist in einer Kernplasmaspannung gegeben, die durch eine Hypertrophie des Plasma zwischen zwei Teilungen gesetzt wird. Die Teilung ist also als ein Prozeß zur Ausgleichung von Mißverhältnissen von Kern und Plasma aufzufassen.

IV. Der Kern zeigt während jeder Zellfunktion ein funktionelles Wachstum, dieses bleibt zwar zunächst hinter dem des Plasma zurück, jedoch verändert sich im Laufe der Teilungen diese Differenz immer mehr, so daß schließlich in alten Kulturen, je intensivere Lebenstätigkeit diese entfaltet haben, je besser sie ernährt wurden, eine Verschiebung der normalen Kernplasmarelation zugunsten des Kernes erreicht ist. Eine Reduktion des Kernes ist die Folge dieser Depression, die sich auch in einer Herabsetzung der Vitalität bemerkbar macht. Diese Reduktion kann entweder durch Resorption oder durch Ausstoßung von Kernmaterial erfolgen. Nach einigen derartigen Depressionen jedoch muß es, um die tiefen Schädigungen zu überwinden, zur Encystierung oder Konjugation kommen. So lassen sich die Ursachen der Konjugation verstehen.

Diese Prinzipien werden wir zur Anwendung bringen, obwohl nicht verschwiegen werden darf, daß Einwände gegen diese Theorien, wie sie Hertwig begründet, und insbesondere von seinem Schüler Popoff ausgebaut wurde, erhoben worden sind. Insbesondere nenne ich hier Alex. Gurwitsch und Th. Moroff, Buchner hat ebenfalls eine kritische Darstellung gegeben. Auf eine kritische Besprechung dieser Einwände, sowie auf eine solche der Kernplasmarelationslehre überhaupt, kann ich hier nicht eingehen, da solches nur auf der Basis eingehender zellphysiologischer und histologischer Erörterungen, die zum Teil ins prinzipielle Gebiet überleiten würden, geschehen könnte.

Jedenfalls ist es bei neuen Prinzipien zuerst erwünscht, sie auf möglichst viele Erscheinungen als heuristische Prinzipien anzuwenden und so das extreme Leistungsfeld jener Lehre kennen zu lernen. Mag man über die Bedeutung der Hertwigschen Theorien denken wie man will, eines steht fest, daß wir es in Zellkern und Zellplasma mit zwei relativ gegeneinander abgegrenzten Systemen zu tun haben, die gegenseitig in

Stoff und Energieaustausch stehen. Diese Wechselwirkung strebt einem relativen Gleichgewichtszustand entgegen, der darauf beruht, daß sich die gegenseitige Stoff- und Energieabgabe das Gleichgewicht hält. Dieser Zustand kann durch äußere Faktoren, aber auch dadurch gestört werden, daß sich aus diesem Wechselverhältnis selbst differenzielle Störungen herleiten, die eine Umgruppierung der Systembeziehungen notwendig machen. Mögen es nun äußere oder innere Ursachen sein, diese Gleichgewichtsstörung muß dadurch zustande kommen, daß nach Art reversibler chemischer Reaktionen[1]) das Gleichgewicht zugunsten eines der beiden Systeme (Phasen!) verschoben wird; dieser neue Zustand ist dann für bestimmte Bedingungen normal und stellt das neue Gleichgewicht dar. Die Störungen erklären die Depressionserscheinungen der Zellen.

Folgende Gesichtspunkte scheinen mir außerdem der Beachtung wert. Für die Funktion der Zelle als Ganzes, also für ihre Lebensfähigkeit, ist der Wert dieses Gleichgewichts aber nicht gleichgültig, wenn dieses auch der für bestimmte äußere Bedingungen normalen Größe entsprechen mag, denn eine bestimmte Kernplasmarelation, also auch bestimmte äußere Bedingungen entsprechen den schlechthin optimalen Lebensbedingungen. Jeder andere Wert der Kernplasmarelation stellt zwar auch ein Gleichgewicht unter den gegebenen Bedingungen dar, ohne jedoch für die Lebensprozesse als Ganzes gleich günstig zu sein, weil eben, um in der chemischen Sprache zu reden, die eine Phase zu sehr auf Kosten der andern zugenommen hat und, wenn man die Gesamteigenschaften beider Phasen betrachtet, diese natürlich nun eine Änderung erfahren haben müssen.

Bei extremen Störungen des Gleichgewichts, sei es durch äußere oder im System selbst gelegene Faktoren, kann es aber außerhalb der Möglichkeit liegen, daß sich Kern und Plasma auf ein neues Gleichgewicht einstellen, denn die Gesamtheit beider Systeme stellt ein relativ starres System dar, das in seinen Teilen zwar geringe Verschiebungen duldet und demgemäß sich auf ein neues Gleichgewicht einstellt, das aber allzugroße Labilität und Umordnungsfähigkeit nicht besitzt. So werden allzustarke Veränderungen, auch wenn sie auf ein neues Gleichgewicht gerichtet sein mögen, noch ehe dieses erreicht wird, so starke Abweichungen der Systemverhältnisse bewirken, daß dadurch das Systemgleichgewicht, der Zusammenhang der einzelnen Teile ganz auseinander gerissen wird, d. h. die Zelle wird degenerativen und nekrotischen Prozessen erliegen. Die Relation beider Systeme (Kern und Plasma), ja überhaupt aller einzelnen vitalen Teilprozesse, darf sich eben nicht zu sehr vom Normalpunkt ent-

[1]) Vgl. die Arbeit von Demoll und Strohl.

fernen, auch wenn die dadurch eingeleiteten Prozesse auf ein neues Gleichgewicht entsprechend den neuen Bedingungen hinsteuern.

Fassen wir zusammen, so können wir ungeachtet aller Schwierigkeiten, die der weiteren Anwendung der Lehre auf speziellere Probleme entgegenstehen mögen, folgendes als für unsre Zwecke feststehend betrachten, wobei nicht übersehen werden darf, daß auch die übrigen Prinzipien der Kernplasmarelationslehre sich durchgehends als für unsere Probleme anwendbar und fruchtbar erweisen: Kern und Plasma lassen sich nach Analogie mit chemischen Prozessen als zwei Phasen betrachten, welche Phasen in ihrer Gesamtheit das Leben als solches darstellen und die sich in einem Gleichgewicht befinden, dessen absoluter Wert unter bestimmten Bedingungen ein bestimmter ist. Die relative Größe beider Phasen ist also eine Funktion äußerer und innerer Bedingungen, jedoch ist der absolute Wert der Größe beider Systeme, wenn sich auch ihre Relation den gegebenen Bedingungen entsprechend eingestellt hat, für die Lebensprozesse als Ganzes keineswegs gleichgültig, welche bei einer bestimmten Relation und wohl auch bei einer bestimmten absoluten Ausdehnung — wie ich mit Verworn annehme — ihr Optimum haben. Verschiebungen von diesem Optimum der Relation und absoluten Größe, wenn sie auch der Ausdruck notwendiger Einstellvorgänge auf neue Faktoren sind, sind um so ungünstiger, je weiter sie sich vom gegebenen Optimum entfernen. Diese Tatsache wird für die Erklärung der Eurythermie bzw. Stenothermie von Wichtigkeit sein, welche Eigenschaften man so auf zellularhistologische Faktoren reduzieren kann.

Material und Methode.

Das Material zu dieser Untersuchung über die periodische Änderung der Kernplasmarelation und über die Beziehungen der Lage des Zellkerns zum Plasma stammt aus Teichen der Umgebung von Graz und wurde in den Jahren 1912—1915 gesammelt. Um nun zu untersuchen, ob nicht auch Ceratien aus verschiedenen Seen, infolge habitueller Temperaturunterschiede der betreffenden Gewässer, bestimmte ebenfalls habituelle Beziehungen ihrer Kernplasmarelation zur Temperatur des Aufenthaltsortes aufweisen, wurden auch Seen mit stark verschiedenem Temperaturmittel, aus denen Material in den Jahren 1911—1914 gesammelt worden war, untersucht. Diese Untersuchung konnte selbstverständlich nur von untergeordneter Bedeutung sein, da ja auch andere Faktoren als die Temperatur auf die Kernplasmarelation Einfluß haben könnten und auch in den einzelnen Seen verschiedene wohl unterscheidbare Rassen gefunden werden.

Die Fixierung des Materials war mit 5% Formalin, die Konservierung in 90% Alkohol erfolgt — ein leider nicht ganz einwandfreies Verfahren, das jedoch wenigstens einwandfreie Vergleichsresultate, auf die es hier ankommt, geben muß. Die Präparate wurden mit Hämalaun nach Mayer gefärbt, womit es möglich war, binnen kürzester Zeit eine tadellos reine und spezielle Kernfärbung zu erhalten. Hierauf erfolgte Überführung in Glycerin steigender Konzentration; untersucht wurde in 50% Glycerin.

Die Grundlagen der Messungen bildeten Zeichnungen, die in großer Anzahl bei 380facher Vergrößerung mittelst Zeichenapparat entworfen wurden. Bei der Kernmessung ging ich folgendermaßen zu Werke: Mittels Spitzenzirkel wurde die Länge der einzelnen Kerne auf einer Geraden nacheinander aufgetragen, dann die Gesamtlänge der einzelnen Teilstücke abgemessen und aus der so gefundenen Summe der Kernlängen die mittlere Kernlänge berechnet. Gleicherweise wurde die mittlere Kernbreite bestimmt. Auf diese Art konnten viel genauere Resultate erzielt werden, als wenn man jeden Kern für sich mit dem Maßstab ausgemessen hätte, da eine exakte Feststellung der kleineren Millimeterbruchteile unmöglich ist, hingegen reduzieren sich die Messungsfehler bei meinem Verfahren außerordentlich. Meistens besitzt der Kern ziemlich genau ellipsoide Gestalt, war das nicht der Fall (was insbesondere bei der Bestimmung der Kernbreite ins Gewicht fiel), so wurde schätzungsweise die mittlere Kernbreite des betreffenden Objektes festgestellt. Eigentlich wäre auch die Feststellung der Kerndicke nötig gewesen, da es sich bei der Kernplasmarelation um den Vergleich von Volumina und nicht von Flächen handelt. Jedoch stieß eine exakte Bestimmung auf große Schwierigkeiten, unter anderem da der Kern bei seitlicher Lage der Zelle infolge der Beschaffenheit des Zellpanzers nicht scharf genug hervortritt, so daß ich also von einer Messung der Tiefendimension des Kernes Abstand nahm.

Rhoda Erdmann hat darauf hingewiesen und das in einer interessanten Arbeit auch durchgeführt, daß es bei einer Feststellung der Kerngröße im wesentlichen auf die Bestimmung des Volumens der Chromosomen ankomme, da durch Imbibition das Kernvolumen bedeutenden Schwankungen ausgesetzt sein könne. Überhaupt drückt die »Chromosomenplasmarelation« (Erdmann) das noch präziser aus, was die Kernplasmarelation besagt. Für meine Objekte kommt das aber wohl nicht so sehr in Betracht — ganz abgesehen von der Unmöglichkeit, bei Ceratium das Chromosomenvolumen zu bestimmen — da wir es hier mit einem ziemlich kompakten Kern zu tun haben und andrerseits auch der bei Metazoen wichtige Faktor wegfällt, daß im Laufe der individuellen Ent-

wicklung das Verhältnis der Chromosomensubstanz zum Kernvolumen bestimmten Variationen ausgesetzt ist (vgl. diesbezüglich die Arbeiten Erdmanns).

Eine schwierige Sache war die Feststellung der Gesamtgröße der Ceratiumzelle. Auch hier wurden nur Zeichnungen zugrunde gelegt. Auf eine mathematische Berechnung der Flächengröße aus einzelnen Dimensionen mußte wohl unbedingt verzichtet werden. Ich stellte deshalb die mittleren Werte der hauptsächlichsten Zelldimensionen fest (siehe Tabelle), so die Hornlängen und den Breitendurchmesser der Zelle. Hierauf wurden aus den Zeichnungen einige derjenigen ausgewählt, die den Mittelwerten in jeder Beziehung entsprachen und auch sonst mit dem für den betreffenden Fang charakteristischen Habitus der Ceratien übereinstimmten. Diese Formen wurden nun auf Karton gezeichnet, dann ausgeschnitten und genau abgewogen. Ein Vergleich der Wägungsresultate der Individuen desselben Fanges, die auf diese Weise gewonnen wurden, ergab hinreichende Übereinstimmung, so daß diese Methode der Bestimmung des mittleren Gewichtes als recht genau bzw. als die bei angemessener Zeit einzig mögliche bezeichnet werden muß. Selbstverständlich wurden alle Formen aus demselben Kartonstück ausgeschnitten, auch hatte ich mich eher überzeugt, daß entsprechenden Oberflächenstücken dieses Kartons mit hinreichender Übereinstimmung auch ein gleiches Gewicht entspricht.

Aus dem so gefundenen mittleren Wert für das Gewicht der Formen wurde nun leicht die Oberfläche der gezeichneten Formen in qmm berechnet[1]).

Zu den Tabellen ist zu bemerken, daß alle absoluten Maße in Millimetern der Zeichnungen angegeben sind, die bei 380facher Vergrößerung (Objectiv 5, Ocular 4, C. Reichert) hergestellt worden waren. Die Zeichnungen dienen teils zur Illustrierung der Tabellenwerte, teils dienen sie zu Erläuterungen über die Verhältnisse der Kernlage zu lokalisierten Wachstumsprozessen oder der individuellen Variation von Kern und Plasma.

I.

Ceratium hirundinella O. F. M.

Zunächst einige Bemerkungen über Beschaffenheit, Gestalt und Lage des Kernes und Plasmas, sowie über die Hauptmomente der Zell- und

[1]) Eine eingehende Darstellung der Berechnungsmethoden für die Kernplasmarelation, die sich allerdings auf die regelmäßigen Zellen von Echinodermen bezieht, hat O. Koehler geliefert. Dort finden sich auch Diskussionen über Fehlerquellen, sowie eine mathematische Formulierung der Prinzipien der Kernplasmarelationslehre.

Kernteilung, wobei ich die Angaben Lauterborns zugrunde lege. Die ganze Zelle ist bis in die Spitzen der Hörner mit Protoplasma erfüllt, das eine Scheidung in Ekto- und Endoplasma nicht erkennen läßt. Die Chromatophoren stellen rundliche bis ovale, gelbliche bis olivenbraune oder rein braune Scheibchen dar und liegen in erster Linie an der Zellperipherie. Außerdem finden sich farblose Fettkugeln in sehr verschieden großer Menge, manchmal so zahlreich, daß das Protoplasma ganz davon erfüllt ist und den Eindruck macht, als bestände es selbst aus lauter Fettkugeln. Diese Erscheinung erwähnt auch Jollos bei marinen Arten. Ich konnte sie ebenfalls oft beobachten und verzeichne diese Tatsache hier nur, um später auf einige theoretische Konsequenzen, die aus verwandten Erscheinungen gezogen wurden, zu verweisen.

Der Kern besitzt einen feinmaschigen, netzig-wabigen Aufbau, 1—4 Nucleolen. Eine Kernmembran ist nicht nachzuweisen. Aus verschiedenen Gründen sind die Angaben Lauterborns über die Teilung für uns wichtig. Die Kernteilung (nach Lauterborn eine Art Zwischenform zwischen der direkten und karyokinetischen Teilung) findet von Mitternacht bis 8 Uhr morgens statt. Die Zellteilung erfolgt dann in den Vormittagsstunden, jedoch findet man auch zu anderen Tageszeiten vereinzelte in Teilung begriffene Individuen. Der Teilung des Kernes geht eine Volumvergrößerung voraus[1]), die wahrscheinlich auf osmotische Prozesse zurückzuführen ist, der Kern orientiert sich dabei so, daß seine Längsachse von rechts oben nach links unten verläuft und mit der Hauptachse der Zelle etwa einen Winkel von 45° einschließt. In derselben Richtung erfolgt dann auch die Kern- und Zellteilung.

Für unsere Kernmessungen muß es nun in Anbetracht des Kernwachstums knapp vor der Teilung von großer Bedeutung sein, daß bei einem Vergleich immer nur solche Zellen gemessen werden, die einen ruhenden Kern besitzen. Außerdem wird es auch nötig sein, immer zu derselben Tageszeit zu fischen, damit nur Zellen, die einen Kern und ein Plasma gleichen funktionellen Wachstumsstadiums besitzen, zur Messung gelangen. In den von mir untersuchten Fängen[2]), die alle in der Zeit von 8 bis 1 Uhr gemacht worden waren, habe ich weder Zell- noch Kernteilungen jemals, außer in ganz vereinzelten Fällen, beobachtet. Es muß ganz besonders hervorgehoben werden, daß in demselben Gewässer die Fänge immer zur selben Zeit ausgeführt wurden. Es sind in Anbetracht

[1]) Dieser Prozeß dürfte dem analog sein, der in den Arbeiten Hertwigs und Popoffs u. a. A. als »Teilungswachstum« des Kernes bezeichnet wird.

[2]) Diese Angabe gilt nur für die variationsstatistischen Untersuchungen in den Teichen.

der Fangzeit und des Fehlens von Teilungsstadien zwei Möglichkeiten vorhanden. Entweder die Teilungen sind zur Zeit des Fanges schon ganz abgeschlossen gewesen, oder die Kernteilung war erst in Vorbereitung. Letzteres halte ich für unmöglich, da die Kernteilung nach übereinstimmenden Angaben in der Nacht erfolgt, meine Fänge aber vom Vormittag stammen. Es bleibt also nur die Annahme übrig, daß die Kernteilung schon um Mitternacht stattfand und auch die Zellteilung bis zu Beginn des Vormittags schon abgeschlossen war, so daß also meist neugeteilte Individuen, die jedoch die Regeneration der fehlenden Teile schon vollendet hatten, zur Messung gelangen mußten.

A. Über die cyclische Variation der Kernplasmarelation und die Temporalvariation der Zellgröße und Frequenz.

In nachfolgender Tabelle finden sich die für jedes Fangdatum berechneten Mittelwerte, sämtlich in Millimetern ausgedrückt. Die Bezeichnungsweise der Hörner mit Buchstaben ist mit der von Krause identisch. Bezüglich der Rubrik »mittleres Gewicht« verweise ich auf die anhangsgegebene Darstellung der Methodik. Die Kernplasmarelation wurde nicht, wie das vielfach üblich ist, durch Division der Plasmagröße durch die Kerngröße erhalten, sondern umgekehrt, also geben die Werte die Variation der Kerngröße, bezogen auf eine Zellgröße = 1 an. Die Teichbezeichnungen wurden der Generalstabskarte entnommen.

So lückenhaft diese Aufstellungen auch sein mögen, so zeigen sie doch folgendes m. E. mit ziemlicher Deutlichkeit. Die den Zellen entsprechenden Formen sind nachstehend wiedergegeben (Figur 1—12, Tafel XIX).

Die Kerngröße, ausgedrückt als Produkt von Länge und Breite, ist ziemlich starken Variationen unterworfen, die jedoch, solange man nur die absoluten Maße betrachtet, keinerlei Gesetzmäßigkeit zeigen, da auch die Oberfläche der Zelle, die Zellgröße, großen Variationen unterworfen ist, die jedoch ebenfalls in unseren Fällen keine eindeutig zu definierende Temporalvariation zeigen. Dagegen zeigt sich, daß die Kernplasmarelation eine auffallende und mit einer Ausnahme durchgreifende Abhängigkeit von der Temperatur zeigt, indem sie derselben ganz im Sinne der Hertwigschen Kernplasmarelationslehre umgekehrt proportional ist. Eine Ausnahme macht nur der Wundschuh-Teich II, der das entgegengesetzte Verhalten, und der Auer-Teich, der auch bei der herbstlichen Temperaturerhöhung eine weitere Abnahme der relativen Kerngröße zeigt. Das darf uns im allgemeinen nicht überraschen — im

Tabelle I. Cyclische Variation der Zell- und Kerngröße.

Teichname	Fangdatum	Kernmaße			b	a	c	d	Gewicht der Zelle in mg	Oberfläche der Zelle in mm²	Kern-plasma-relation	Häufigkeit des Vorkommens	Wasser-temperat. in ° C
		Länge	Breite	Fläche mm²									
Wundschuh-Teich I	3. V. 13	7,0	5,0	35,0	47	23	52	36	172	602	0,0581	selten	15°
	16. VII. 13	8,6	5,3	45,5	63	22	48	30	181	633	0,0718	verstreut	22°
	17. IX. 13	8,0	5,4	43,5	53	20	43	27	143	500	0,0860	zahlreich	18°
Wundschuh-Teich II	16. VII. 13	7,0	4,9	34,3	48	19	37	27	132	462	0,0746	vorherrschend	22°
	17. IX. 13	5,5–7,2	4,7–5,0	31,4	53	20	41	26	141	493	0,0636	verstreut	18°
Steindorf-Teich I	16. VII. 13	8,0	5,5	44,0	62	20	51	28	184	644	0,0683	zahlreich	22°
	17. IX. 13	8,0	5,3	42,4	55	20	44	26	167	584	0,0725	zahlreich	18°
	26. X. 13	8,6	5,3	45,6	51	21	39	23	167	584	0,0780	vorherrschend	11°
Steindorf-Teich II	16. VII. 13	7,6	5,4	41,0	49	18	39	23	137	499	0,0800	ziemlich häufig	22°
	17. IX. 13	7,5	5,5	41,3	44	18	34	21	130	455	0,0907	ziemlich häufig	18°
Auerteich	3. VI. 15	8,2	5,7	46,7	59	22	43	27	166	581	0,0804	verstreut	18°
	7. VII. 15	7,6	5,0	38,0	48	21	37	26	139	486	0,0780	häufig	25°
	4. VIII. 15	7,9	5,2	41,0	54	21	42	27	157	549	0,0740	ziemlich zahlreich	20°
	1. IX. 15	8,0	5,0	40,0	55	22	41	26	166	581	0,0680	ziemlich zahlreich	18°

Gegenteil ein durchgehendes Übereinstimmen wäre auffallend — da diejenigen Faktoren, die diese Relation bestimmen, jedenfalls zahlreiche sind und andererseits eben diese Faktoren zunächst bei freilebenden Planktonten nicht in Rechnung gezogen werden können, sondern zunächst eben scheinbare Ausnahmen bedingen; denn an der Gültigkeit der Temperaturregel für die Kernplasmarelation kann nicht gezweifelt werden. Auffällig ist an meinen Ceratien, daß sie keine besonders gut ausgeprägte Temporalvariation der Größe zeigen, jedoch konnte ähnliches auch von anderen Autoren beobachtet werden. Wahrscheinlich verschleiern andere Einflüsse — Ernährung, wechselnde Zusammensetzung des Wassers (Guyer) und andere Faktoren — die Temporalvariation, die sich bei *Ceratium* als Temperaturvariation darzustellen pflegt.

Trotz alledem können wir das für uns wesentliche feststellen, daß bei *Ceratium* die Kernplasmarelation unter sonst konstanten Bedingungen der Höhe der Wassertemperatur umgekehrt proportional ist und daß sich dieser Einfluß der Temperatur trotz anderer Faktoren meistens mehr oder weniger deutlich tatsächlich zu erkennen gibt. Hiermit erhalten wir die Berechtigung, die Kernplasmarelationslehre mit all ihren Konsequenzen als heuristisches Prinzip zur Erklärung andrer Erscheinungen bei *Ceratium* heranzuziehen.

Es fragt sich nun, welches Licht die Prinzipien der Kernplasmarelationslehre auf das Problem der Cyclomorphose und des Frequenzverlaufes dieser Form werfen.

Von den meisten Beobachtern — ich nenne hier nur Ammann, Bachmann, Brutschy, Entz, Guyer, Huber, Lemmermann, List, Wesenberg-Lund — wird übereinstimmend angegeben, daß *Ceratium hirundinella* im Sommer kleiner ist als im Frühjahr und Herbst[1]). Jedoch sind sie bei ihrem ersten Auftreten im Frühjahr noch kleiner und nehmen dann erst im Mai und Juni an Größe zu (Wesenberg-Lund). In den Sommermonaten findet dann meist das Frequenzmaximum statt, welches bis in den Herbstanfang dauern bzw. sich mehr gegen diesen Zeitpunkt verschieben kann. So haben wir es in *Ceratium hirundinella* mit einem typischen Warmwasserorganismus zu tun. Die Erklärungen der Temporalvariation, insbesondere der der Größe, suchen diese Autoren teilweise als nützliche Abänderungen, also Anpassungserscheinungen an die veränderten Schwebebedingungen zu verstehen. Teilweise finden auch andere Erklärungsprinzipien Verwendung.

---

[1]) Manchmal findet sich auch das gegenteilige Verhalten in der Literatur beschrieben.

So sind nach Ammann »Vergrößerung der Formen im Frühjahr und Spreitzung als Anpassungen, Reduktion der Größe und der Hörnchen als unmittelbare Folge intensiver Vermehrung« aufzufassen. Entz schreibt die Diminution des Körpers und der Hörner einer Wachstumshemmung bei der Teilung zu. Bachmann sucht die Größe in Abhängigkeit von der Fortpflanzungsintensität zu bringen: »Es ist nun bekannt, daß viele physiologische Vorgänge in Kurvenform verlaufen, so namentlich die Teilung von Zellen und das Wachstum in Kurvenform, bei welcher deutlich ein Ansteigen und Abfallen beobachtet wird. Wenn wir nun in der Periodicitätstabelle von *Ceratium* die Entwicklung vom April bis Mai ansteigend, im Juli und August das Maximum erreichen sehen, würde es nicht mit den allgemein physiologischen Wachstumserscheinungen in Übereinstimmung stehen, daß auf diese aufsteigende Linie der Teilungserscheinungen gerade das Maximum des Wachstums eintreten müßte? Und ebenso verständlich wäre es uns, daß gerade zu der Zeit des Teilungsmaximums die Wachstumsabnahme stattfinden würde, in einer Zeit, wo die neuen Teilungen sich so rasch folgen, daß für eine reichliche Wachstumserscheinung keine Zeit übrig bleibt?« Diese Darlegung ist jedenfalls richtig und stellt eine wirkliche Erklärung dar; wenn die Frequenzsteigerung auf Nahrungsüberschuß beruht, dann gehen natürlich Größenwachstum und Frequenzzunahme zunächst parallel. Beachtet man jedoch die Temperatur — und diese scheint mir besonders wesentlich zu sein — so läßt sich ein tieferliegender Grund jener Erscheinungen finden.

Zunächst also die Frage: Wie kann die Frequenzkurve bei *Ceratium*, die meist in der von Wesenberg-Lund beobachteten Weise verläuft, erklärt werden, wenn wir Ernährung und andere Einflüsse konstant setzten und als äußere Variable die Temperatur annehmen?

Zunächst werden alle chemischen Prozesse, daher auch Assimilation und Dissimilation durch höhere Temperatur beschleunigt, und zwar bei einer Erhöhung von 10° um das 2—3fache. Dieses Gesetz wurde von van't Hoff für chemische Prozesse aufgestellt und darnach auch für viele komplexe Lebensprozesse bestätigt gefunden[1]). Allerdings geht die Steigerung der Lebensprozesse nur bis zu einem bestimmten Punkt, dessen Lage je nach dem Objekt verschieden ist, aber um 25° liegt. Ist dieser erreicht, machen sich schädigende Einflüsse der Temperatur immer stärker geltend, so daß Reduktion der Lebenserscheinungen eintritt. Dieser Punkt darf nicht mit dem Temperaturoptimum eines Organismus verwechselt

[1]) Siehe u. a. die Arbeit von Kanitz.

werden: er ist der Umschlagspunkt, an dem sich der die Lebensprozesse als ganzes beschleunigende Einfluß höherer Temperaturen in das Gegenteil umwandelt, also näher dem Punkt der Wärmestarre gewisser Organismen liegt. Dieser hemmende Einfluß zu hoher Temperatur beruht offenbar darauf, daß das Stoffwechselgleichgewicht infolge selektiven Einflusses veränderter Temperaturbedingungen allzusehr zugunsten einiger Reaktionsabläufe verschoben wird, während andere Vitalprozesse herabgedrückt werden (Analogie mit der chemischen Phasenregel!). Durch diese Verschiebung des Reaktionsgleichgewichtes, welches zwar bei jeder Temperaturänderung eintreten muß, aber bei geringeren Variationen innerhalb der für das Gesamtleben möglichen Abänderungen fällt, wird nun Funktionsunfähigkeit der Zelle und Tod herbeigeführt.

Schon vor dem oben besprochenen Umschlagspunkt, an dem die Temperatur ihre beschleunigende Wirkung zum Gegenteil verwandelt, haben die Lebensprozesse durch gleiche, proportionale Temperaturerhöhung immer geringere Accelerationen erfahren, wie das Peter in seiner Arbeit hervorhebt.

Diese Faktoren machen es teilweise erklärlich, warum gegen den Sommer eine oft so gewaltige Zunahme der Ceratien erfolgt. Aber diese Erhöhung der Temperatur würde allein noch nicht genügen, denn *Ceratium cornutum* zeigt das entgegengesetzte Verhalten. Der zweite notwendige Faktor ist der spezifische Stoffwechsel und die Organisation des jeweiligen Organismus. Die Gesamtheit der einzelnen Stoffwechselprozesse findet das Optimum ihres Ineinandergreifens bei höherer Temperatur. Dann aber liegt eben jener Umschlagspunkt der Temperatur, von dem wir früher sprachen, bei *Ceratium hirundinella* höher als bei *Cerat. cornutum.* Endlich ist ein Faktor maßgebend, der morphologisch faßbar ist. Die Zellteilungen erfolgen in der Wärme rascher aufeinander, weil das Wachstum zwischen zwei Teilungen geringer ist und das ist durch die Kernplasmarelationsverhältnisse bedingt. An dieser Stelle verweise ich bloß darauf, da wir uns später ausführlicher damit zu beschäftigen haben werden.

Versuchen wir nun den Gang des Variationscyclus sowie die Abänderungen der Kernplasmarelation zueinander in Beziehung zu setzen, wobei sie besonders die Temperatur als cyclisch variablen Faktor berücksichtigen.

Beginnen wir mit der Cyste. Nach Hertwig geht bei der Encystierung eine Kernreduktion von statten, indem der infolge der langen funktionellen Tätigkeit während der vielen Zellteilungen stark hypertrophierte Kern aufgelöst wird oder Chromatinbrocken ins Plasma ausstößt, die dieses oft

bräunlich verfärben und dann vom Plasma resorbiert werden. Man müßte also auch bei *Ceratium* in der Cyste einen relativ kleineren Kern auffinden als bei den freilebenden Individuen im Herbst. Eine diesbezügliche Untersuchung wäre von großem Wert; mir standen leider keine Ceratiencysten zur Verfügung[1]). Jedoch finden wir insofern eine Bestätigung der Hertwigschen Theorie auch bei unserem Objekt als ein dreihörniges, wohl vor kurzem aus der Cyste gekrochenes Exemplar (Figur 1, Tafel XIX), das am 3. Mai im Wundschuh-Teich I gefunden wurde und eine auffallend geringe Kernplasmarelation aufwies (siehe auch die frühere Tabelle I).

Die Ceratien haben also, wenn sie aus der Cyste kommen, offenbar einen relativ kleinen Kern und auch sonst, wenn wir die Angaben der Autoren zugrunde legen, geringe Größe. Sie kommen nun in ein Wasser von niederer Temperatur, dadurch muß, wie wir wissen, die Kernplasmarelation zugunsten des Kernes verschoben werden. Aber infolge der niederen Temperatur wird auch eine Vergrößerung der gesamten Zelle stattfinden — das konnte allgemein bei *Ceratium* konstatiert werden — welche allerdings, wie alle dimensionalen Reaktionen, bei *Ceratium* infolge des Panzers wohl erst im Laufe einiger Teilungsreorganisationen erfolgen wird. Diese Vergrößerung der Zellen in der Kälte ist eine ganz generelle biologische Erscheinung und allgemein bekannt. Dieser Impuls zur Vergrößerung ist so stark, daß nach Versuchen Popoffs am Infusor *Frontonia leucas* schon binnen 3 Stunden ein bedeutender Unterschied in der Zellgröße der Kälteexemplare gegenüber denen, die in der höheren Temperatur verblieben waren, festgestellt werden konnte.

Ist nun die Lehre von der Kernplasmarelation imstande, diese Größenzunahme bei tieferer Temperatur zu erklären?

Zur Beantwortung dieser Frage geht Popoff, der dieses Problem eingehend studierte, davon aus, daß, wenn nach vollendeter Teilung eine Zelle aus der Wärme in die Kälte — selbstverständlich unter den nötigen Kautelen, um eine Schädigung durch den Temperatursturz zu vermeiden — gebracht wird, der Kern im weiteren Verlauf nicht nur ein funktionelles Wachstum zeigt, wie das auch in der Wärme nach einer Zellteilung zu geschehen pflegt, sondern außerdem unter dem unmittelbaren Einfluß der tieferen Temperatur, die eine größere Kernplasmarelation fordert, so lange an Masse und Volumen zunimmt, bis die für die betreffende Temperatur charakteristische Kernplasmarelation erreicht ist. Aber auch das Plasma pflegt zwischen zwei Zellteilungen unerachtet der Temperatur heran-

[1]) Neuerdings konnte ich an einigen Cysten tatsächlich einen relativ kleineren Kern nachweisen als bei den freien Ceratien.

zuwachsen und zwar im allgemeinen stärker als der Kern, so daß schließlich ein Mißverhältnis in der Relation von Kern und Plasma resultieren muß — die Kernplasmaspannung — wodurch die Teilung eingeleitet wird. Obgleich nun die Kernplasmaspannung in der Kälte geringer ist als in der Wärme — (d. h. obgleich der Unterschied in der Größe beider Systeme, der die Teilung auslöst, in der Kälte geringer als in der Wärme ist) — wird dennoch dieser Zustand infolge des extremen Kernwachstums in der Kälte hinausgeschoben, d. h. das Plasma muß länger und intensiver wachsen als in der Wärme, um dadurch, daß es die Kernplasmarelation trotz des intensiven Kernwachstums zu seinen (des Plasmas) Gunsten verschiebt, den Anstoß zur Teilung zu geben. Popoff äußert sich diesbezüglich nach Besprechung seiner *Frontonia leucas*-Kulturen (ich lasse die Stelle ihrer Wichtigkeit halber wörtlich folgen) folgendermaßen: »Infolgedessen (weil der Kern unter dem direkten Einfluß der niederen Temperatur nicht nur funktionell nach der Teilung wächst, H.) steigt die Kernplasmarelation nicht so rasch zugunsten des Protoplasma, wie es der Fall gewesen wäre, wenn das Infusor bei der Temperatur von 25° C weiter kultiviert worden wäre, in welch letzterem Falle zur Erreichung der Kernplasmaspannung bei der Teilung der Zelle nur funktionelles Kernwachstum in Betracht kommen würde. Die Zelle muß daher bei Erniedrigung der Temperatur längere Zeit funktionieren, bis sie zur Kernplasmaspannung kommt, welche die Teilung verursacht. Um diesen Punkt zu erreichen, muß das Plasma der stärkeren Zunahme des Kernes gemäß mehr an Größe anwachsen, als dies der Fall bei der konstanten höheren Temperatur ist. Das Plasmawachstum muß einem aus zwei Ursachen bedingten Wachstum des Kernes gerecht werden. Die Zelle wird infolgedessen eine beträchtlich höhere Teilungsgröße erreichen.«

So treffend sicher diese Erörterungen sind und so sicher ich, in Anbetracht der breiten experimentellen Grundlagen, glaube, daß sie einen der wesentlichsten Gesichtspunkte treffen, so glaube ich dennoch kurz einige andre Gesichtspunkte erwähnen zu müssen, wobei es vielleicht möglich ist, daß diese das Geschehen nur von einem anderen Gesichtspunkt aus betrachten. Zunächst wäre es möglich, daß die Assimilations- und Dissimilationsphase des Stoffwechsels von der Temperatur in verschiedener Weise beeinflußt wird. Man müßte dann annehmen, daß innerhalb gewisser Grenzen durch höhere Temperatur dissimilatorisches Geschehen begünstigt, und daß niedrige Temperatur umgekehrt wirkt. In Anbetracht des Faktums, daß wir es im Wachstum und der Assimilation mit Prozessen zu tun haben, die vorwiegend unter Energieaufwand mit entsprechender Wärmetönung verlaufen, und die Dissimilation vorwiegend die entgegen-

gesetzten energetischen und kalorischen Eigenschaften zeigt, könnte man die verschiedene Größe vielleicht einmal auf rein physikalisch-chemische Art zu erklären versuchen.

Mit Verworn möchte ich außerdem noch die Tatsache betonen, daß, während der Inhalt einer Zelle im Wachstum mit der dritten Potenz zunimmt, die Oberfläche dies nur mit der zweiten Potenz tut. Nehmen wir nun an, daß sowohl für Plasma als auch für den Zellkern wie auch für die Beziehungen beider zueinander ein bestimmtes Verhältnis von Oberfläche zu Volumen in Anbetracht des Stoffwechsels als Optimum besteht, so wäre in einem allzustarken Wachstum der Zelle und des Kerns, dadurch, daß der Stoffaustausch durch die relative Verkleinerung der Oberflächen erschwert wird, zugleich auch ein Teilungsgrund gegeben.

Nach dieser Abschweifung kehren wir wieder zum Variationscyclus von *Cerat. hirundinella* zurück.

Wir haben also gesehen, daß notwendig die ursprünglich kleinzelligen und kleinkernigen Ceratien an Größe zunehmen, und daß auch die Kernplasmarelation wachsen muß. Es tritt nun eine langsame Erhöhung der Wassertemperatur ein und diese wird, solange sie noch keine zu hohe ist, einmal eine bedeutende Beschleunigung der Fortpflanzungsrate und des Wachstums, schon allein dadurch, daß sie physiologische Vorgänge überhaupt beschleunigt, hervorrufen, dann aber wird auch die Kernplasmarelation herabgesetzt werden, denn das Plasma ist bei höherer Temperatur diejenige Phase (um einen Ausdruck der Chemie zu gebrauchen), die in ihrer Ausdehnung gegenüber der anderen (Kern) begünstigt wird, oder cellularphysiologisch ausgedrückt: das Plasma besitzt bei höherer Temperatur eine erhöhte Attraktions- und Resorptionsfähigkeit gegenüber dem Kern[1]).

Diejenigen Störungen im Stoffwechselprozeß, die zur Zellteilung führen und als deren morphologischen Ausdruck wir die Kernplasmarelation ansehen, werden bei erhöhter Temperatur schon eher eintreten infolge des geringeren Kernwachstums und dadurch wird auch eine Verkleinerung bzw. eine Steigerung der Teilungsrate resultieren. Es gelten so die umgekehrten Verhältnisse, wie sie früher einer eingehenden Darlegung unterzogen wurden.

---

[1]) Der große Kältekern muß also mit zunehmender Temperatur reduziert werden, was in unserem Falle wahrscheinlich nicht durch Abstoßung von Chromatinbrocken ins Plasma, sondern durch direkte Resorption erfolgt. Außerdem aber wird eine relative Verkleinerung dadurch erzielt, daß das Kernwachstum nach einer Teilung relativ geringer sein wird.

Es fragt sich nun, in welchem Zusammenhang Frequenzmaximum, Größen- und Kernplasmarelations-Minimum in zeitlicher Beziehung? Die Kernplasmarelation verkleinert sich jedenfalls immer mit steigender Temperatur, ebenso wird sich auch die Größe verhalten. Das Frequenzmaximum jedoch wird auf die Dauer im allgemeinen mit dem Optimum der Temperatur zusammenfallen bzw. diesem unmittelbar folgen. Diesem Temperaturoptimum, bei dem die Lebenserscheinungen dauernd auf der höchsten Stufe der Intensität ablaufen, muß als cellular-physiologischer Ausdruck eine Kernplasmarelation entsprechen, die einerseits die notwendige Funktion dieser Temperatureinwirkung ist, andererseits diejenigen Verhältnisse darstellt, bei welchen die Lebensvorgänge dauernd am besten ablaufen. Steigt die Temperatur über dieses Optimum hinaus, so wird zunächst vielleicht eine weitere Frequenzsteigerung bemerkbar sein, welche auf die bei höherer Temperatur sich steigernde Schnelligkeit aller Vitalprozesse, also auch des Wachstums und der Zellteilung, zurückzuführen ist. Jedoch werden sich infolge dieser abnormen Teilungsrate bei nicht mehr optimalen Temperaturbedingungen Schädigungen der Zellfunktion bzw. Verschiebungen der Kernplasmarelation einstellen, die sekundär eine Herabminderung der Frequenz bestimmen. Endlich sind Temperaturbedingungen denkbar, bei denen auch zunächst nicht noch eine Frequenzsteigerung einsetzt, sondern infolge Schädigungen zu tiefgreifender Art sofort Frequenzrückgang und bald Aussterben der Kolonie eintritt. Dies ist ein Grenzfall des früher besprochenen Geschehens.

Sinkt nun die Temperatur des Gewässers, ohne — was wohl immer der Fall ist — eine für das wärmeliebende *Ceratium hirundinella* deletäre Wirkung gehabt zu haben, so wird allmählich ein Rückgang der Frequenz zu bemerken sein[1]). Immer mehr wird sich nun aber auch ein Faktor bemerkbar machen, der schließlich den Hauptanstoß zur Encystierung gibt. Nach Hertwig werden nämlich in einer sich durch Teilung längere Zeit fortpflanzenden Protozoenkultur im Laufe der Generationen die Kerne relativ zum Plasma immer größer, bis diese funktionelle Kernhypertrophie eine schädigende Wirkung auf die Vitalität ausübt, worauf Reorganisationsprozesse einsetzen — die Zelle befindet sich in Depression. Eine solche besonders tiefe Depression führt nun auch die Encystierung bzw. zur Konjugation, wie wir das eingangs schon zu erwähnen Gelegenheit fanden. Ähnlich werden sich nun auch die Ceratienpopulationen verhalten. Es

---

[1]) Dieser Frequenzrückgang tritt oft erst lange nach dem Temperaturumschlag ein, was wohl auf spezielle Verhältnisse zurückzuführen ist. Uns interessiert hier hauptsächlich die prinzipielle Temperaturwirkung.

wäre interessant zu untersuchen, ob auch bei freilebenden Ceratienkolonien mehrere solcher Depressionszustände auftreten. Sicher aber ist, daß sich infolge der langen Zellfunktionen gegen den Herbst zu eine Depression, die offenbar durch Kernhypertrophie bedingt ist, bemerkbar macht. So ist jedenfalls neben den Wirkungen der tieferen Temperatur die Zunahme der Kernplasmarelation gegen den Herbst zu erklären (siehe Tabelle 1).

Daß sich diese Depressionszustände im Sommer nicht so bemerkbar machen, wird daraus verständlich, daß zu jener Zeit die Kernplasmarelation infolge der hohen Temperatur sehr gering ist und also auch die Kernhypertrophie nicht zur Geltung kommen konnte, bzw. durch die Wirkung der hohen Temperatur verdeckt wurde. Sinkt nun die Temperatur, so müssen sowohl die Wirkung dieses Umstandes als auch die langen Teilungen in einer Vergrößerung des Kernes zum Ausdruck kommen. Die Encystierung vom Standpunkt eines Restitutionsstadiums aus betrachtet ist die Folge.

Einer Erwähnung bedürfen noch die in Cysten meist verhandenen großen Mengen von Öltröpfchen. Nach Popoff haben wir es nämlich in der Eizelle mit einer Zelle zu tun, die sich in Depression befindet, wobei das »Teilungschromatin« besonders geschädigt ist (das soll die Teilungsunfähigkeit der Eizelle erklären), das »Wachstumschromatin« jedoch befindet sich im funktionsfähigen Zustand (wodurch das Heranwachsen der Eizelle bei der Reifung erklärt wird). Jedoch ist die Zelle nicht mehr imstande, die aufgenommene Nahrung alle zu assimilieren und zum Aufbau ihres Plasmas zu verwenden, so kommt es zu Dotterablagerungen, die so ein Stadium niederer Assimilationsstufe darstellen. Wenn wir diese Ansicht akzeptieren wollen — es wurde ihr vielfach widersprochen — so könnte man die in den Cysten aufgespeicherten Reservestoffe in ihrer physiologischen Entstehung vielleicht analog wie die Dotterbildung des Eies erklären.

In vorliegenden Zeilen habe ich versucht, auf Grund der Kernplasmarelationslehre zu einem Verständnis der Größen- und Frequenzschwankungen von *Ceratium hirundinella* zu gelangen, wobei nur die Temperatur berücksichtigt wurde. Zieht man jedoch auch andere Faktoren in Betracht, z. B. die Ernährungsverhältnisse, so wird sich ergeben, daß die Erklärung Bachmanns, die früher zitiert wurde, zutreffen muß. Auch in den von mir untersuchten Teichen zeigte sich wohl eine ausgesprochene Variation der Kernplasmarelation, aber keine solche der Körpergröße. In solchen Fällen werden wir es mit einer Übereinanderlagerung der Wirkungen

mehrerer Faktoren zu tun haben. Eins aber glaube ich behaupten zu können, und das wird, wenn erst einmal der Einfluß auch anderer Faktoren als der Temperatur auf die Kernplasmarelation untersucht sein wird, nur noch mehr Geltung haben, daß die cellularphysiologischen Tatsachen, deren spezieller morphologischer Ausdruck in der Kernplasmarelation als des Wechselverhältnisses zweier der wichtigsten Zellbestandteile gegeben ist, für die Theorie der Cyclomorphose, besonders der Einzelligen, deshalb förderlich sein können, weil sie eine Erklärung aus unmittelbarer Bewirkung und physiologischen Prinzipien zulassen, die den Vorteil haben, jederzeit durch Zell- und Kernmessungen exakt verfolgt werden zu können. Auch die Cyclomorphose metazoer Planktonten könnte auf celluläre Ursachen auf diese Weise zurückgeführt werden.

B. Lokalvariation und Kernplasmarelation.

Ich legte mir nun die Frage vor, ob, da doch die Kernplasmarelation in so auffallendem Maße von der Temperatur des Wohngewässers abhängig ist, sich nicht vielleicht auch in Gewässern verschiedener mittlerer Jahrestemperatur die einzelnen Kolonien, die vielfach gut abgegrenzte Lokalrassen darstellen, durch habituelle Verschiedenheiten ihrer Kernplasmarelation unterscheiden. Zu diesem Zweck habe ich an meinem Ceratiummaterial, welches ich 1911—1914 in den verschiedensten Seen in den Monaten Juli und August gesammelt hatte, sowohl die Zelldimensionen als auch Zell- und Kernoberfläche nach der früher dargelegten Methode ausgerechnet und die so gefundenen Werte in nachstehende Tabelle II eingetragen. Die beigegebenen Abbildungen veranschaulichen die den Zahlen entsprechenden Typenformen.

Es empfiehlt sich, die großen und kleinen Ceratiumformen, die oft in demselben See zusammen vorkommen, getrennt zu behandeln, da sie jedenfalls gut abgegrenzte Rassen darstellen. Wenn wir die Tabelle als ganzes übersehen, so ergibt sich keine irgendwie hervortretende Abhängigkeit der Kernplasmarelation von der Lage bzw. der mittleren Wassertemperatur des betreffenden Sees[1]). Es zeigt sich nämlich, daß ein andrer Faktor den Temperatureinfluß teilweise verdeckt. Die Größe der Kernplasmarelation ist nämlich im allgemeinen (besonders bei dem großen Typus) der absoluten Zellgröße der betreffenden Rasse umgekehrt proportional. Bei den kleinen Formentypen tritt diese Abhängigkeit nicht

[1]) Temperaturangaben standen mir leider in gewünschter Anzahl nicht zur Verfügung, jedoch wird man wohl im konkreten Fall nicht darüber zweifeln können, welche Seen bzw. Seengruppen eine höhere Jahrestemperatur besitzen.

Tabelle II. (Dazu Fig. 13—24, Taf. XX.)

	Kernmaße							Gewicht der Zelle in mg	Oberfläche der Zelle in mm²	Kern-plasma-relation	Fangdatum
	Länge	Breite	Fläche	b	a	c	d				
Großer Typus:											
Maggiore-See	6,7	4,6	30,8	38	24	32	22	145	507	0,0607	13. VIII. 13
Lugano-See	8,0	4,3	35,0	40	25	33	25	140	490	0,0710	16. VIII. 13
Como-See	7,8	4,5	35,1	45	25	36	28	154	539	0,0651	15. VIII. 13
Zürich-See	7,0	4,7	32,9	44	21	33	23	126	441	0,0746	5. VIII. 13
Öschenen-See	8,0	5,0	40,0	54	28	45	23	205	717	0,0557	30. VII. 14
König-See	8,8	5,2	45,7	55	28	43	23	195	664	0,0688	22. VIII. 12
Kleiner Typus:											
Como-See	6,9	4,5	31,0	25	21	22	12	112	392	0,0790	15. VIII. 13
Lugano-See	6,3	3,8	23,9	25	21	22	13	100	350	0,0682	16. VIII. 13
Kochel-See	7,5	4,8	36,0	31	23	26	15	128	448	0,0880	15. VIII. 11
Boden-See	7,5	4,5	33,7	25	22	22	13	106	371	0,0908	3. VIII. 13
Vierwaldst.-See	7,1	4,7	33,3	28	22	27	12	107	374	0,0890	9. VIII. 13

so hervor, bei den großen ist sie jedoch, wie nachstehende Tabelle III lehrt, durchgehends vorhanden. Die Seen sind ihrer Kernplasmarelation nach in absteigender Reihenfolge angeordnet, in derselben absteigenden Richtung verlaufen auch die Zelloberflächen der Ceratien der betreffenden Seen.

Tabelle III. (Dazu Fig. 13—19, Taf. XX.)

Ceratien des großen Typus nach der Kernplasmarelation geordnet.

Name des Sees	Kernplasma-Relation	Oberfläche der Zelle in mm
Zürich-See	746	441
Lugano-See	710	490
König-See	688	664
Como-See	651	539
Maggiore-See	607	507
Öschenen-See	557	717

Im allgemeinen läßt sich also eine gewisse Abhängigkeit obiger Art konstatieren, wobei infolge mannigfacher andrer Formen selbstverständlich Unregelmäßigkeiten auftreten.

Beschränken wir uns nun bei der Betrachtung der Abhängigkeit der Kernplasmarelation von der Temperatur des Wohngewässers auf Ceratium-

formen etwa gleicher Größe, so ergibt sich allerdings eine gewisse Übereinstimmung mit den theoretischen Postulaten. Wir finden z. B. bei den Formen der großen Typen:

Maggiore-See:	Kernplasmarelation	0,0607
Lugano-See:	»	0,0710
Como-See:	»	0,0651
hingegen Zürich-See:	»	0,0746.

Bei den kleinen Formtypen sind die Unterschiede vielleicht noch auffallender, wir haben hier, wenn wir Seen der Alpen und des nördlichen Alpenrandes mit Seen aus dem oberitalienischen Vorlande vergleichen, einerseits (warmes Wasser):

Lugano-See:	Kernplasmarelation	0,0682
Como-See:	»	0,0790

andererseits (kälteres Wasser):

Boden-See:	Kernplasmarelation	0,0908
Vierwaldstätter-See:	»	0,0890
Kochel-See:	»	0,0880.

Der Boden-See besitzt allerdings im Vergleich zum kälteren Vierwaldstätter-See eine zu große Kernplasmarelation.

Es scheint also trotz der lückenhaften Aufstellungen tatsächlich die Kernplasmarelation der Ceratiumrassen der einzelnen Seen entsprechend den verschiedenen Jahrestemperaturen verschieden zu sein. Es fragt sich nun, ob diese Abweichungen von der Kernplasmarelation (die selbstverständlich ebenfalls temporaler Variation unterworfen sind) auf die Dauer nicht erblich befestigt werden können, d. h. ob sie nicht ebenso eine erblich konstante Eigentümlichkeit der Ceratiumrasse dieses Sees darstellen, wie die anderen Formcharaktere? In Anbetracht des Umstandes, daß die einzelnen Ceratiumformen jedenfalls von einer gemeinsamen Form abstammen, die *Ceratium cornutum* ähnlich gewesen sein dürfte, und daß sie entsprechend den verschiedenen Bedingungen in den einzelnen Seen (wobei insbesondere thermische Einflüsse maßgebend gewesen sein dürften) sich in bestimmter erblicher Weise in ihrer äußern Gestalt verändert haben, so daß fast jeder See seine wohlabgegrenzte Ceratiumform besitzt, scheint es mir nun nicht unwahrscheinlich, daß die Kernplasmarelation eine konstante Eigenschaft der betreffenden Formen darstellt.

Ich stelle mir die Genesis dieses Prozesses derart vor, daß die ursprüngliche Kernplasmarelation der Stammceratien[1]) je nach den Temperatur-

[1]) In Anbetracht, daß es sich wahrscheinlich um *Ceratium cornutum*-ähnliche Formen gehandelt hat, dürfte diese Kernplasmarelation einen sehr hohen Wert dargestellt

verhältnissen in den einzelnen Seen sich auf einen verschiedenen Mittelwert einstellte (wobei wir von der cyclischen Variation absehen, da diese doch auch nur um einen bestimmten Mittelwert, auf den es uns hier allein ankommt, pendelt, der entsprechend der mittleren Jahrestemperatur verschieden ist). Dieser gemäß der Temperatur verschiedene Wert der Kernplasmarelation in den einzelnen Seen war zwar zunächst gemäß der oft großen Abweichungen vom ursprünglichen Optimum der Art keineswegs immer optimal, aber im Laufe der Generationen stellten sich die Gesamtstoffwechselprozesse und Funktionsleistungen der Zellen auf diese neue habituelle Kernplasmarelation ein und diese wurde so zu einem neuen Optimum in ihren jährlichen Mittelwerten gestempelt. Ist nun z. B. eine mittlere Kernplasmarelation so zu einem optimalen Verhältnis dieser Relation geworden, so muß bei Übertragung dieser Form in ein Gewässer von wesentlich anderer (z. B. niederer) mittlerer Temperatur eine Schädigung der vitalen Vorgänge stattfinden, da die sich entsprechend der niederen Temperatur einstellende Kernplasmarelation dem für diese Rasse entsprechenden Optimum dieser Relation nicht kongruent ist. Wir hätten in dieser Theorie der bestimmten optimalen Kernplasmarelation eine Erklärung der Tatsache, daß Formen derselben Art, wenn sie an warmes Wasser angepaßt sind, im kalten weniger gut gedeihen und umgekehrt. Vielleicht kann die Tatsache, daß wir es in *Cerat. hirundinella* mit einer Warmwasserform, in *Cerat. cornutum* jedoch mit einer Kaltwasserform zu tun haben, analog erklärt werden (vgl. die frühere Anmerkung). Die Kernplasmarelation von *Ceratium* vermag sich zwar niedrigeren Temperaturen anzupassen — und diese Fähigkeit ist eine conditio sine qua non jeder, auch der geringfügigsten Eurythermie — aber dieser Zustand der Relation ist nicht der optimale, auf den der gesamte vitale Ablauf der Prozesse eingestellt ist. Dasselbe ließe sich — mutatis mutandis — auch für *Cerat. cornutum* sagen[1]). Auf Grund dieser Theorie

---

haben, da, wie wir später sehen werden, *Ceratium cornutum* durchgehends einen weitaus größeren Kern zeigt als *Ceratium hirundinella*. Vielleicht ist die Trennung beider Formen in den Perioden der Eiszeit erfolgt, wo dann *Ceratium cornutum* bei Erwärmung des Wassers zur Winterform, *C. hirund.* zur Sommerform geworden wäre.

[1]) Es wären demnach eurytherme Organismen solche, deren Kernplasmarelation ohne Störung für die Gesamtlebensprozesse große Schwankungen ertragen kann, von anderem Standpunkt wäre aber auch daran zu denken, ob es nicht solche Organismen sind, deren Kernplasmarelation wenig durch Temperatur beeinflußt wird, da dadurch auch eine relativ geringe Verschiebung der einzelnen Stoffwechselprozesse gegeben wäre. Nur experimentelle Untersuchungen könnten diese Alternative zugunsten einer der beiden Möglichkeiten entscheiden.

wäre vielleicht durch cytologische Studien manche Eigenart lebender Organismen zu erklären.

Von großer Bedeutung für alle hier besprochenen Probleme muß es nun sein, ob sich eine Nachwirkung der Temperatur auf die Kernplasmarelation experimentell nachweisen läßt. Denn nur für den Fall, daß diese Möglichkeit besteht, haben unsere sub B gemachten Erörterungen zunächst eine positive Grundlage.

Popoff (1908) stellte zu diesem Zwecke eingehende Experimente an *Dileptus gigas* und *Stylonichia mytilus* (*Infusoria ciliata*) an, bezüglich deren speziellere Details ich auf das Original verweisen muß. Er kommt zu dem Resultat, daß bei beiden Infusorien eine Nachwirkung der Temperatur auf die Kernplasmarelation, die Teilungsrate und Teilungsgröße nicht vorhanden ist. Zu ähnlichen Resultaten gelangte Rautmann bei seinen Experimenten an *Paramacium caudatum*: »Die Zelle vermag bei einem Temperaturintervall von 5° innerhalb eines Zeitraums, welcher der Dauer zwischen zwei aufeinander folgenden Teilungen bei der betreffenden Temperatur entspricht, ihre Kernplasmarelation vollkommen umzuregulieren.«

Zu andern Resultaten gelangte Koehler beim Studium der Kernplamaverhältnisse während der Furchung von *Strongylocentrotus lividus* bei verschiedenen Temperaturen: Er glaubt mit Reserve eine Nachwirkung annehmen zu müssen. Er sagt: »Hat die niedere Temperatur die übereifen Keime geschädigt, so enwickeln sie sich auch, in die Wärme umgesetzt, langsamer — das ist selbstverständlich. Doch auch das umgekehrte findet statt, die regulierende Wirkung der Wärme dauert in der Kälte einige Zeit fort und läßt die Kälteverzögerung geringer erscheinen.« Bezüglich der Einzelheiten verweise ich auf seine interessante Arbeit.

C. Individualvariation und Kernplasmarelation.

Wir müssen nun noch untersuchen, welche Erklärungsmöglichkeit auf Grund der Zell- und Kernteilungsverhältnisse für die Individualvariationen gegeben sind, wobei wir zunächst nur die Größenverhältnisse berücksichtigen. Beigegebene Abbildungen sollen das illustrieren. Ich möchte gleich hier bemerken, daß die Individualvariation in den Teichen im allgemeinen viel bedeutender als in den Seen ist, das bezieht sich nicht nur auf die Gesamtgröße, sondern auch auf die Beschaffenheit der Hörner, ihre Lage und Winkelstellung zueinander.

Um zu untersuchen, ob die Variationsbreite vielleicht auch einer Temporalvariation unterworfen ist oder sonst irgend ein auffallendes

Verhalten zeigt, habe ich die Unterschiede der Maximal- und Minimalwerte in den einzelnen Monaten festgestellt und zur Tabelle IV vereinigt.

Tabelle IV.

Teichname	Fangdatum	b			c			a		
		Max.	Differ.	Min.	Max.	Differ.	Min.	Max.	Differ.	Min.
Wundschuh-Teich I	16. VII. 13	67	9	58	55	12	43	25	4	21
	17. X. 13	59	14	45	50	12	38	22	5	17
Steindorf-Teich I	16. VII. 13	73	18	55	60	17	43	24	5	19
	17. IX. 13	67	19	48	59	21	38	22	5	17
	26. X. 13	69	24	45	46	14	32	25	6	19
Steindorf-Teich II	16. VII. 13	55	13	42	46	10	36	21	6	15
	17. IX. 13	49	11	38	38	7	31	20	4	16
Auerteich	7. VII. 15	54	12	42	42	10	32	25	5	20
	4. VIII. 15	60	12	48	48	16	32	23	3	20
	1. IX. 15	62	14	48	47	10	37	24	2	22

Es zeigt sich, daß — soweit auf Grund einer so rohen Zusammenstellung überhaupt ein Urteil erlaubt ist — vielfach die Variationsbreite (besonders des Apicalhornes, b) gegen den Herbst zunimmt, wenn diese Variationsbreite als Differenz der jeweiligen Maxima und Minima berechnet wird. Würde nun nur die Länge eines oder des anderen Hornes bei der Individualvariation schwanken, so könnte man das darauf zurückführen, daß gerade eine Periode der Umordnung der Hornlängen infolge kompensierenden Wachstums, wie das Krause besonders beobachtet hat, eingetreten sei. Da aber in unserem Falle auch vielfach die gesamte Körpergröße der Zelle bedeutend variiert (siehe die beigegebenen Figuren), so werden wir zur Erklärung der Individualvariation im allgemeinen einen anderen Weg einschlagen müssen. Der besteht in der Kernplasmarelation.

Der russische Botaniker Gerassimow konnte durch experimentellen Eingriff die Teilung von Spirogyrazellen derart beeinflussen, daß eine der beiden Tochterzellen das gesamte für die beiden Tochterkerne bestimmte Kernmaterial erhielt. Diese hatte somit die doppelte Kernmasse und Kernplasmarelation. Sie wuchs nun zu einer außergewöhnlichen Größe, d. i. bis zum doppelten Volumen ihrer Mutterzelle heran, ehe sie in eine neue Teilung eintrat. Das heißt also, es erfolgte erst dann eine weitere Teilung, als die für *Spirogyra* unter den bestimmten äußeren Versuchs-

bedingungen normale Kernplasmarelation erreicht war, welcher Zustand durch extremes Plasmawachstum erreicht wurde.

Popoff (1909) hat diese Verhältnisse in einer großen Arbeit eingehend an Infusorien (*Stentor coeruleus*) studiert. Er konnte durch experimentelle Eingriffe bei der Teilung Individuen mit bedeutend größerer oder kleinerer Kernplasmarelation als normal erhalten. Bald jedoch traten regulative Prozesse ein, die die normale Kernplasmarelation wieder herstellten. War der Kern relativ zu groß, so wuchs das Protoplasma, war das Plasma zu groß, so wurde Kernwachstum beobachtet. Es ist nun klar, daß daraus sehr verschieden große Individuen resultieren mußten. Die mit ursprünglich zu großem Kern mußten mit der Zeit viel gewaltigere Dimensionen erreichen, als die mit normalem oder gar mit zu kleinem Kern. Zellen, die gar zu kleine Kerne besitzen, verhalten sich fast wie enucleierte Organismen und sind in ihrer Vitalität stark geschwächt. Zu große Kernverhältnisse regulieren sich leichter und sind von keinem großen Einfluß auf die Vitalität. Von großer Bedeutung ist es nun, daß die auf diesem Wege der Regulation erreichte respektive Körpergröße nun auch im weiteren Verlaufe der ungestörten Zellteilungen konstant bleibt. Es ist also auf diese Weise eine neue Größenvariation entstanden. Allerdings will es mir scheinen, daß vielleicht doch noch im Verlaufe vieler Generationsfolgen eine Annäherung der extremen Plus- und Minusvariante erreicht wird, weil es, wenn wir die Gedanken Verworns betreffend des Verhaltens des Zell- und Kernvolumens und der Oberfläche zur Assimilation und Zellteilung zugrunde legen, vielleicht doch ein, wenn auch in weiten Grenzen schwankendes absolutes Optimum des Volumens hinsichtlich der Oberflächen beider Zellsysteme (Zellkern und Plasma) in Anbetracht des für eine Zelle spezifischen Stoffwechsels gibt.

Wie dem aber auch sei, die Anwendung der Popoffschen und Gerassimowschen Versuchsergebnisse auf unser Problem bei *Ceratium* ist klar. Tritt aus irgend einem Grunde eine etwas ungleiche Kernteilung ein — und solches konnte Popoff auch ohne experimentelle Eingriffe mehr oder minder stark oft beobachten — so müssen sich daraus Mißverhältnisse in der Kernplasmarelation ergeben, durch deren Ausgleich eine verschiedene Größe der beiden wieder herausgewachsenen Tochterzellen bedingt wird. Bei *Ceratium* als gepanzertem Organismus könnte diese Umregulierung natürlich oft erst nach erneuter Teilung erfolgen, welcher Umstand das Persistieren oft beträchtlicher Mißverhältnisse in der Kernplasmarelation, wie solche die Figuren 25—26, Tafel XX, 27, 31—36, Tafel XXI zeigen, erklärlich machen würde. Da die Individualvariation scheinbar gegen den Herbst im Zunehmen begriffen ist, so könnte man annehmen, daß

die durch die lange Generationsfolge gesetzte Depression einen nachteiligen Einfluß auf die Regelmäßigkeit der Kernteilung haben könnte, zumal da auch die absolute Variation der Kerngröße im Herbst bedeutender zu sein scheint.

Im übrigen verweise ich bezüglich der Individualvariation auf die Fig. 25—26, Tafel XX, 27—36, Tafel XXI.

Eine kurze Besprechung möchte ich noch einer Erscheinung widmen, die wohl zuerst Krause bei *Cerat. hirundinella* beobachtet hat. Es handelt sich um die Rolle, die der Kern beim Wachstum bestimmter Hörner spielt (vgl. dazu Fig. 28—30, Tafel XXI).

Haberlandt hat darauf hingewiesen, daß sich der Kern »meist in größerer oder geringerer Nähe derjenigen Stelle befindet, in welcher das Wachstum am lebhaftesten vor sich geht oder am längsten andauert«. Dieses Gesetz ist vielleicht nur ein Spezialfall des ersten O. Hertwigschen Gesetzes über die Beziehung der Lage des Kernes zum Plasma: Der Kern sucht die Mitte seiner Wirkungssphäre einzunehmen. Man darf dieses Gesetz nur nicht rein dimensional auffassen und das kann man sich mathematisch so vorstellen, daß man die Distanzen des Kernes von den einzelnen Plasmapunkten (denn das ganze Plasma ist seine Wirkungssphäre) der Peripherie mit einem Faktor multipliziert, der der Intensität der Funktion des Kernes nach dem betreffenden Punkt proportional ist. Dann ist es klar, daß sich der Kern nicht immer in das dimensional-geometrische Zentrum einstellt, sondern analog einem materiellen Punkt, an dem in den verschiedensten Richtungen in verschiedener Stärke Kraftlinien angreifen und der dann entsprechend dem Kräftepolygon eine bestimmte excentrische Stellung einnimmt. Ebenso verhält sich auch der Kern, er nimmt nicht das geometrische, sondern das dynamische Centrum ein, alle anderen Fälle sind nur Grenzfälle dieses allgemeinen.

Auf Grund seiner statistischen Untersuchungen gelangte Krause zu verschiedenen Normaltypen der Längenproportionen der einzelnen Hörner bei *Ceratium*, die sich sogar in einer Formel darstellen ließen. Er konnte dann feststellen: »In allen sich in einem gesetzmäßigen Verhältnis der Hörner untereinander befindenden Formen, d. h. in den verschiedenen Normaltypen, deren Hörnerwachstum für einige Zeit systiert worden ist, liegt der ruhende Kern in der Mitte des betreffenden Individuums. Er verläßt aber sofort seine centrale Lage, sobald ein lokalisiertes Wachstum dieses oder jenes Hornes eintritt und begibt sich zu demselben. Am deutlichsten werden seine Wanderungen wahrnehmbar, wenn es sich um eine Verlängerung des Antapical- oder Postäquatorialhornes handelt.«

Viel seltener sind nach Krause Kernwanderungen in der Richtung des Apicalhornes, dessen Wachstum der Kern von der centralen Lage aus soll lenken können. In Fig. 28—30, Tafel XXI, besonders in ersteren zwei, sind diese selteneren Verhältnisse dargestellt. Den umgekehrten sehr häufigen Fall veranschaulicht Fig. 30. Im übrigen verweise ich auf die interessanten Abbildungen in der Arbeit Krauses.

II.

Ceratium Cornutum Cl. u. Lach.

Da wir die Beziehungen des Kernes zum Protoplasma und die diesbezüglichen Theorien der Kernplasmarelation und die sich daran anknüpfenden Erklärungen verschiedener Erscheinungen schon bei *Ceratium hirundinella* ausführlich besprochen haben, so kann ich bei *Cerat. cornutum* einfach darauf verweisen und mich auf die kurze Registrierung der Tatsachen, die gerade bei dieser Form besonders klar sprechen, beschränken. Nachfolgende Tabelle ist ähnlich eingerichtet wie bei der vorigen Art. Die Fig. 37—42, Tafel XXI geben eine Darstellung der entsprechenden Mittelwerte. Die Vergrößerung ist dieselbe wie bei *Cerat. hirundinella*.

A. Temporalvariation und Kernplasmarelation.

Tabelle V.

Teichname	Fangdatum	Kernmaße						Gewicht der Zelle in mg	Oberfläche der Zelle in mm²	Kernplasmarelation	Wassertemperatur
		Länge	Breite	Fläche in mm²	l	a	c				
Bocker-Teich I	29. VII. 12	9,6	4,2	40,3	25	27	22	154	539	0,0747	22°
	30. III. 13	12,2	5,6	68,3	27	29	23	214	749	0,0911	5°
Bocker-Teich II	26. V. 12	10,7	4,3	46,0	24	24	20	149	521	0,0882	12°
	29. VII. 12	8,8	4,1	36,0	25	26	21	152	532	0,0676	22°
	30. III. 13	12,0	5,8	69,6	27	26	22	174	609	0,1142	5°
Bocker-Teich III	30. III. 13	11,7	5,3	62,0	26	29	22	203	710	0,0873	6°

Klar geht aus dieser Tabelle die Abhängigkeit der Kernplasmarelation von der Temperatur hervor. Greifen wir zur genaueren Einsichtnahme des Variationsverlaufes den Bocker-Teich II heraus (Fig. 39—41, Tafel XXI), wobei wir zum Vergleich auch Exemplare anderer Teiche (Fig. 37, 38, 42, Tafel XXI) heranziehen.

Im März kommt *Cerat. cornutum* aus den Cysten heraus und besitzt zunächst eine plumpe und gedrungene Gestalt mit zwei kurzen und plum-

pen Hörnern, wie ich in Übereinstimmung mit Folgner und Huber konstatiere. Die Kerne der Exemplare, die eben aus den Cysten herausgekommen sind, worauf die besonders plumpe und ungegliederte Gestalt mancher hinweist, müssen relativ klein sein und auch die Cysten selbst demnach kleine Kerne besitzen, aus Gründen, die wir früher besprachen. Ich glaube diese Kernverhältnisse auch tatsächlich bei ganz neuausgekrochenen Exemplaren beobachtet zu haben. Wie dem aber auch sei, sicher ist, daß die Kernplasmarelation bald darauf sehr hohe Werte zeigt. Man könnte angesichts der Figuren einwenden, daß diese Kernverhältnisse nicht so sehr auf Einflüsse der Temperatur als vielmehr darauf zurückzuführen seien, daß bei den Frühjahrsceratien mit zwei Hörnern oder mit in Bildung begriffenem 3. Horn in Anbetracht des ganz anderen Habitus jener Exemplare im Vergleich zu denen im Sommer, vielleicht durch andere Faktoren, die auch im plumpen Bau zum Ausdruck kommen, die Kernplasmarelation zugunsten des Kernes beeinflußt würde. Mit einem Wort, daß die Frühjahrs- und Sommerceratien als allzusehr verschieden nicht hinsichtlich der Kernverhältnisse unmittelbar verglichen werden sollten. Demgegenüber besitzen nun die Figuren 39, 40, Tafel XXI (bzw. die betreffenden Stellen in der Tabelle, Bocker-T. II, 26. V. 12) besonders schlagende Beweiskraft. Sie zeigen nämlich Ceratien, ganz von der Gestalt, wie sie im Hochsommer gefunden werden, aber mit entsprechend der auch im Mai noch ziemlich tiefen Wassertemperatur hoher Kernplasmarelation. Diese Verhältnisse können einzig und allein durch die unmittelbare Einwirkung der Temperatur erklärt werden.

Steigt gegen den Sommer die Wassertemperatur, so findet neben einer Abnahme der relativen Kerngröße auch im allgemeinen eine solche der Körpergröße statt, hingegen nimmt die Gliederung des Körpers und der Hörner (Fig. 39, 40, 42, Tafel XXI) bedeutend zu. Gegen den Sommer nimmt gleichzeitig auch die Frequenz bedeutend ab, was sich insbesondere in den späteren Monaten Juli und August oft bis zum Aussterben der Art bemerkbar macht. Bei Erhöhung der Temperatur im Vorsommer findet in Übereinstimmung mit dem bei *Ceratium hirundinella* Gesagten zunächst meist eine Frequenzsteigerung statt.

Den weiteren Verlauf der Kernplasmarelations-Variation in den Herbstmonaten (oft findet aber auch in den Sommermonaten ein Aussterben der Art statt) habe ich mangels an geeignetem Material leider nicht feststellen können. Jedoch wird der Verlauf jedenfalls dem bei *Cerat. hirund.* entsprechen, nur daß vielleicht bei *C. cornutum* ein zweites Maxi-

mum entsteht, das allerdings aus früher geschilderten Gründen bald einer allgemeinen Encystierung Platz machen dürfte. Diese findet aber unter Umständen erst in den vorgeschritteneren Wintermonaten statt.

B. Individualvariation und Kernplasmarelation.

Auch hier habe ich die Variationsbreite in den einzelnen Monaten ausgerechnet, jedoch ergaben sich vielleicht aus Mangel an genügend zahlreichen Monatsfängen keine eindeutigen Resultate. Ich nehme daher von einer Wiedergabe der Tabelle Abstand. Bezüglich der Kernplasmarelation ist zu bemerken, daß entsprechend den Befunden Popoffs große Zellen großkernig, kleine kleinkernig sind. Die Figuren 50, 51, 43, Tafel XXII geben davon Rechenschaft; letztere veranschaulicht einer der größten Ceratien mit maximalem Kerne.

Die Fig. 48, 49, Tafel XXII zeigen zwei etwa gleich große Exemplare mit extrem verschiedener Kernplasmarelation. Mag auch vielleicht das in Fig. 49 dargestellte Exemplar in Kernteilung begriffen sein, dessen unerachtet bleibt bestehen, daß in beiden Fällen total verschiedene relative Kerngrößen existieren. Offenbar haben wir es in Analogie mit dem früher Gesagten mit einer infolge einer Teilung entstandenen Unregelmäßigkeit zu tun, die sich noch nicht ausgleichen konnte, was insbesondere von dem Exemplar mit der kleinen Kernplasmarelation gelten dürfte, da sich unter solchen Verhältnissen ein Ausgleich durch kompensatorisches Wachstum ungleich schwerer vollzieht (Popoff 1909).

Die Fig. 44—47, Tafel XXII zeigen Exemplare desselben Fanges, bei denen sich das dritte Horn in Ausbildung befindet, und wie man sieht, treten dabei keine Verlagerungen des Kernes wie bei *Cerat. hirund.* ein, wohl vielleicht deshalb, weil hier die Spitze des wachsenden Organes vom Kern weniger weit entfernt ist als bei der anderen Art[1]).

---

[1]) Vorstehender erster Versuch, die Variation und Frequenz eines Planktonten aus den Prinzipien der Kernplasmarelationslehre unter Zugrundelegung eigener Beobachtungen abzuleiten, ist wegen seiner Lückenhaftigkeit bezüglich des Beobachtungsmaterials selbstverständlich nur ein vorläufiger und werde ich sobald als möglich meine theoretischen Ableitungen mit Beobachtungen weiter zu belegen bestrebt sein. (Siehe auch meine *Pterodina*-Arbeit.)

Literaturverzeichnis.

1. Ammann, H., Temporalvariationen einiger Planktonten in Oberbayerischen Seen. Archiv f. Hydrob. VIII.
2. Bachmann, H. Phytoplankton.
3. Brutschy, A., Monographische Studien am Zugersee. Archiv f. Hydrob. VIII.
4. Buchner, P., Das accessorische Chromosom in Spermatogenese und Ovogenese der Orthopteren, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Reduktion. Archiv f. Zellforsch., Bd. 3, 1909.
5. Demoll, R. und Strohl, S., Temperatur, Entwicklung und Lebensdauer. Biol. Centralbl., Bd. 29, 1909.
6. Entz, G., Beitrag z. K. des Planktons des Balaton. Resultate d. Erforsch. d. Balaton 1906.
7. Erdmann, Rh., Kern und Plasmawachstum und ihre Beziehungen zu einander. Ergebnisse d. Anat. u. Entwicklungsgesch., Bd. 18, 1908.
8. —— Experimentelle Untersuchungen der Massenverhältnisse von Kern, Plasma und Chromosomen in dem sich entwickelnden Seeigelei. Archiv f. Zellforsch. Bd. 2, 1908.
9. Folgner, V., Beiträge zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte einiger Süßwasserperidineen. Arbeit aus d. bot. Instit. d. deutsch. Universit. Prag, Österr. bot. Zeitschr., Bd. 49, 1899.
10. Gurwitsch, Alex., Über Prämissen und anstoßgebende Faktoren der Furchung und Zellvermehrung. Archiv f. Zellforsch., Bd. 2, 1909.
11. Guyer, O., Beitrag zur Biologie des Greisensees unter besond. Berücksichtigung d. Saisonvariation v. *Cerat. hirund.* Archiv f. Hydrob. VI.
12. Hertwig, O., Allgemeine Biologie. Jena 1912.
13. Hertwig, R., Über physiologische Degeneration bei Protozoen. Sitzber. d. Gesellsch. f. Morphologie u. Physiologie, München 1900.
14. —— Über das Wechselverhältnis von Kern und Protoplasma. Ebenda 1902/03.
15. —— Über Korrelation von Zell- und Kerngröße und ihre Bedeutung f. d. geschlechtl. Differenzierung u. Teilung der Zelle. Biol. Centralbl., Bd. 23, 1903.
16. —— Über neue Probleme der Zellenlehre. Archiv f. Zellforsch., Bd. 1, 1908, auch Internat. Congress Boston 1907.
17. Höber, R., Physikalische Chemie der Zelle und Gewebe. Jena 1902.
18. Hüber, G., Monographische Studien im Gebiete der Montiggler-Seen (Südtirol). Archiv f. Hydrobiol. I.
19. —— Formanomalien von *Ceratium.* Internat. Rev. Suppl. 14.
20. —— Der Kalterersee (Südtirol). Archiv f. Hydrobiol. II.
21. Jollos, V., Dinoflagellatenstudien. Archiv f. Protistenkunde, Bd. 19, 1910.
22. Jörgensen, E., Die Ceratien. Internat. Rev. Suppl. 1911.
23. Kanitz, A., Der Einfluß der Temperatur auf die pulsierenden Vacuolen der Infusorien usw. Biol. Centralbl. 27.
24. Koehler, O., Über die Abhängigkeit der Kernplasmarelation von der Temperatur Experiment. Untersuchung an *Strongylocentrotus lividus.* Archiv f. Zellforschung, Bd. 8, 1912.

25. Krause, F., Studien über Formveränderungen von *Cerat. hirundinella* O. F. M. als Anpassungserscheinungen an die Schwebefähigkeit. Internat. Rev. Suppl. 1911.
26. Lauterborn, R., Protozoenstudien. I. Kern und Zellteilung v. *Cerat. hirund.* Z. f. wiss. Zool., Bd. 59, 1895.
27. List, Th., Über die Temporal- und Lokalvariation von *Cerat. hirundinella* O. F. M. aus dem Plankton einiger Teiche in d. Umgegend von Darmstadt und einiger Kolke des Altrheines bei Erselden. Archiv f. Hydrobiol. IX.
28. Moroff, Th., Die bei den Cephalopoden vorkommenden Aggregataarten als Grundlage einer kritischen Studie über die Physiologie des Zellkernes. Archiv f. Protistenk., Bd. 11, 1908.
29. —— Oogenetische Studien I, Copepoden. Archiv f. Zellforsch., Bd. 2, 1909.
30. Peter, K., Der Grad der Beschleunigung tierischer Entwicklung durch erhöhte Temperatur. Archiv f. Entwicklungsmech., Bd. 20, 1905.
31. Popoff, M., Experimentelle Zellstudien I. Archiv f. Zellforschung, Bd. 1, 1908.
32. —— Experimentelle Zellstudien II. Über die Zellgröße, ihre Fixierung und Vererbung. Archiv f. Zellforsch., Bd. 3, 1809.
33. —— Degeneration der Protozoenzelle und die Geschlechtszelle der Metazoen. Archiv f. Protistenk., Festschrift f. R. Hertwig, 1907.
34. Rautmann, H., Einfluß der Temperatur auf die Größenverhältnisse des Protoplasmakörpers zum Kern. Experiment. Untersuchungen an *Paramaecium caudatum*. Archiv f. Zellforsch., Bd. 3, 1909.
35. Schilling, Die Dinoflagellaten. Süßwasserflora Deutschlands, Österr. und d. Schweiz, herausg. v. Pascher.
36. Verworn, M., Allgemeine Physiologie. Jena 1909.
37. Wesenberg-Lund, C., Studier over de danske Soers Plankton. Dansk Gerskvands-Biologisk Laboratorium. 2 Vol., 1904 u. 1908.
38. Gerassimow, Über den Einfluß des Kerns auf das Wachstum der Zelle. Bull. Soc. imp. nat. Moscou, 1901.
39. —— Die Abhängigkeit der Größe der Zelle von der Menge ihrer Kernmasse. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. 1, 1902.
40. Hartmann, O., Über die Entwicklung und temporale Variation des Dotterstockes und die Eibildung von *Pterodina patina* usw. Zoolog. Jahrb. 1915, im Druck.

Tafelerklärung.

Sämtliche Figuren bei 380facher Vergrößerung mit Abbeschem Apparat entworfen. Die Figuren zur Temporalvariation stellen den Tabellen entsprechend Mittelformen dar.

Ceratium hirundinella.

Tafel XIX.

Fig. 1—12 zur Darstellung der Temporalvariation.

Fig. 1. Eben aus der Cyste geschlüpfte Form mit sehr kleiner K.-Pl.-Relation, Wundschuh-Teich I, 3. V. 1913.
Fig. 2. Sommerform aus demselben Teich, 16. VII. 13.
Fig. 3. Herbstform aus demselben Teich, 17. IX. 13.
Fig. 4. Steindorf-Teich I, 16. VII. 13.
Fig. 5. » 17. IX. 13.
Fig. 6. » 26. X. 13.
Fig. 7. Steindorf-Teich II, 16. VII. 13.
Fig. 8. » 17. IX. 13.
Fig. 9. Auer-Teich, 3. VI. 15.
Fig. 10. » 7. VII. 15.
Fig. 11. » 4. VIII. 15.
Fig. 12. » 1. IX. 15.

Tafel XX.

Fig. 13—24 typische Mittelformen verschiedener Seen zur Erläuterung der milieubedingten Lokalvariation der K.-Pl.-Relation. Fig. 13—19 große Rasse, Fig. 20—24 kleine Rasse.

Fig. 13. König-See, 22. VIII. 12.
Fig. 14. Öschenen-See, 30. VII. 14.
Fig. 15. Como-See, 15. VIII. 13.
Fig. 16. Zürich-See, 5. VIII. 13.
Fig. 17. Zürich-See, 5. VIII. 13.
Fig. 18. Lugano-See, 16. VIII. 13.
Fig. 19. Maggiore-See, 13. VIII. 13.
Fig. 20. Kochel-See, 15. VIII. 11.
Fig. 21. Vierwaldstätter-See, 9. VIII. 13.
Fig. 22. Boden-See, 3. VIII. 13.
Fig. 23. Como-See, 15. VIII. 13.
Fig. 24. Lugano-See, 16. VIII. 13.

Fig. 25, 26. Zur Erläuterung der Individualvariation.

Fig. 25. Wundschuh-Teich I, 17. IX. 13. Extrem große Form mit normaler K.-Pl.-Relation; demgemäß mit absolut großem Kern.

Fig. 26. Auer-Teich, 4. VIII. 15. Große Form mit extrem kleinem Kern und demnach sehr kleiner K.-Pl.-Relation.

Tafel XXI.

Fig. 27—36 Individualvariation und Lageveränderungen des Kernes bei lokalisierten Wachstumsprozessen.

Fig. 27. Form mit normaler K.-Pl.-Relation dazu zum Vergleiche.

Fig. 28. Mit bedeutend größerer K.-Pl.-Relation. Diese Form zeigt außerdem deutliche Verlagerung des Kernes gegen das relativ zu kurze und deshalb in kompensatorischem Wachstum befindliche Apicalhorn.

Fig. 29. Relativ viel zu kurzes Apicalhorn mit offenbar kompensatorischem Wachstum und sehr ausgeprägter Verlagerung des Kernes.

Fig. 30. Das Gegenstück zu Fig. 28 und 29. Viel zu kurze Antapical- und Postäquatorialhörner und demgemäß stark exzentrische Lage des die Wachstumsprozesse leitenden Kernes.

Fig. 31. Sehr große individuelle Variation mit gleichsinnig vergrößertem Kern.

Fig. 32—33. Individuelle Größen- und Formschwankungen, die vereinzelt im selben Fang auftreten. Fig. 33 offenbar pathologische Degenerationsform.

Fig. 34, 35. Gleichgroße Formen desselben Fanges mit stark verschiedener K.-Pl.-Relation, wie solche insbesondere im Herbst offenbar als Zeichen gewisser degenerativer Unregelmäßigkeiten in der Karyokinese auftreten.

Fig. 36. Degenerative Form mit lateral exzentrisch gelagertem Kern.

Ceratium Cornutum.

Fig. 37—42 Temporalvariation der K.-Pl.-Relation. (Typische Mittelformen!)

Fig. 37. Bocker-Teich I, 29. VII. 12.
Fig. 38. » 30. III. 13.
Fig. 39. Bocker-Teich II, 26. V. 12.
Fig. 40. » 29. VII. 12.
Fig. 41. » 30. III. 13.
Fig. 42. Bocker-Teich III, 30. III. 13.

Tafel XXII.

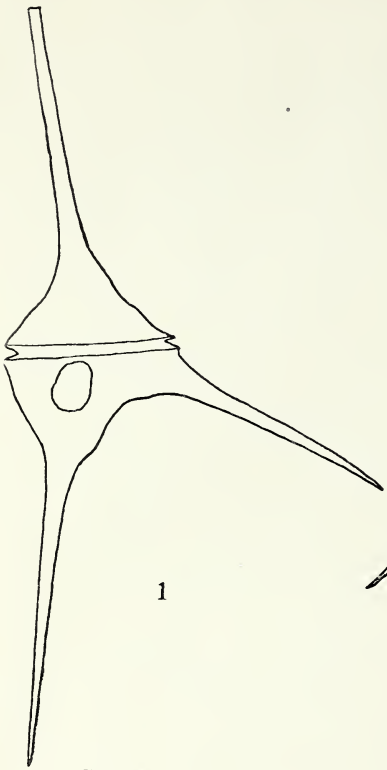
Fig. 43—51 Individualvariation sowie Herausbildung des dritten Hornes im Frühjahr.

Fig. 43. Extrem große Märzform mit entsprechend großem Kern. (Man beachte, um wieviel bedeutender die K.-Pl.-Relation bei *C. Cornutum* als bei *C. hirund.* ist!)

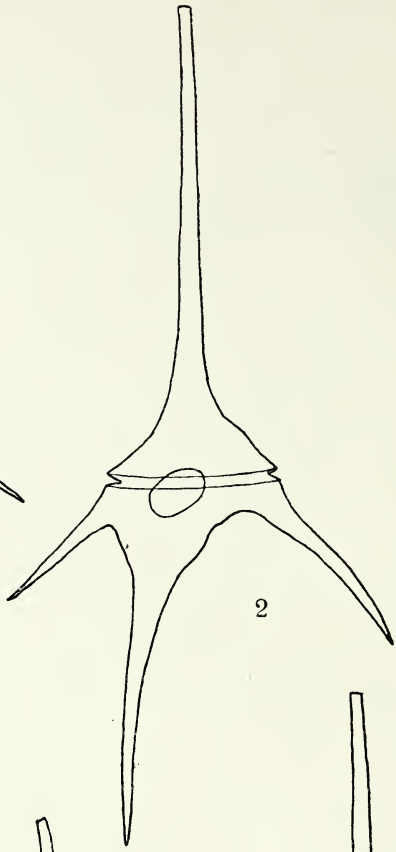
Fig. 44—47. Exemplare aus demselben Fang. (30. III.) Man beobachtet, wie die aus den Cysten kommenden zweikörnigen und plumpen Exemplare (Fig. 44) sich binnen weniger Generationen in dreikörnige, gegliederte umwandeln, die ganz mit den Sommerformen übereinstimmen und nur robuster sind (Fig. 47).

Fig. 48 u. 49. Zwei Formen aus demselben Fang (Juli) mit extrem verschiedenen K.-Pl.-Relationen. Fig. 48 stellt wohl degeneratives Exemplar dar.

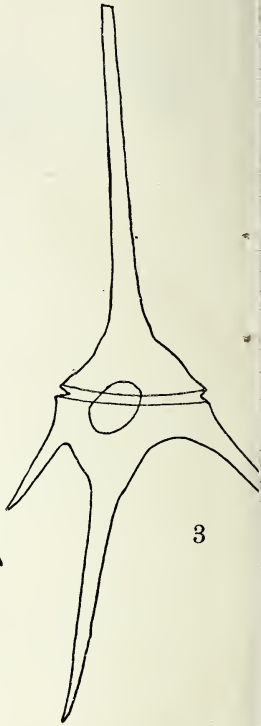
Fig. 50 u. 51. Zwei Märzindividuen stark verschiedener Größe mit proportional verschiedener Kerngröße.



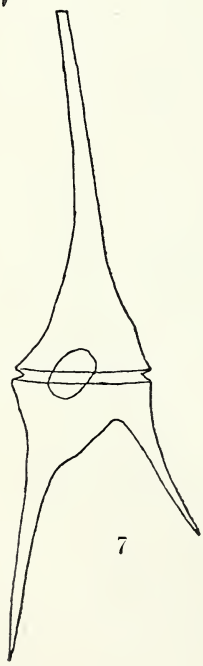
1



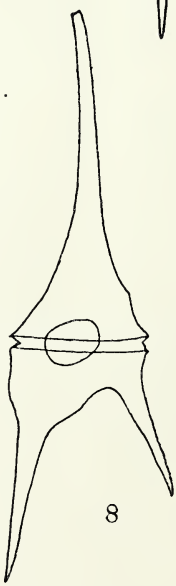
2



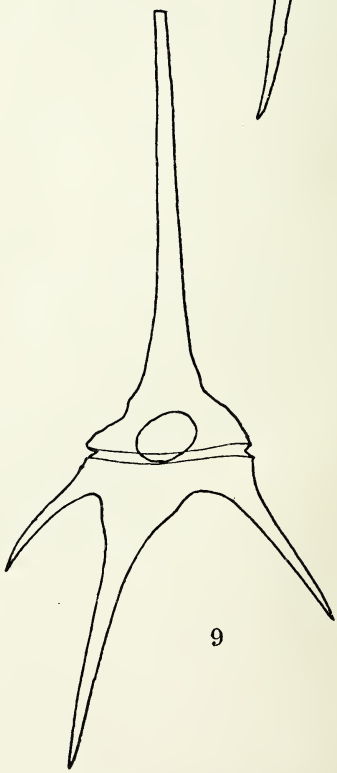
3



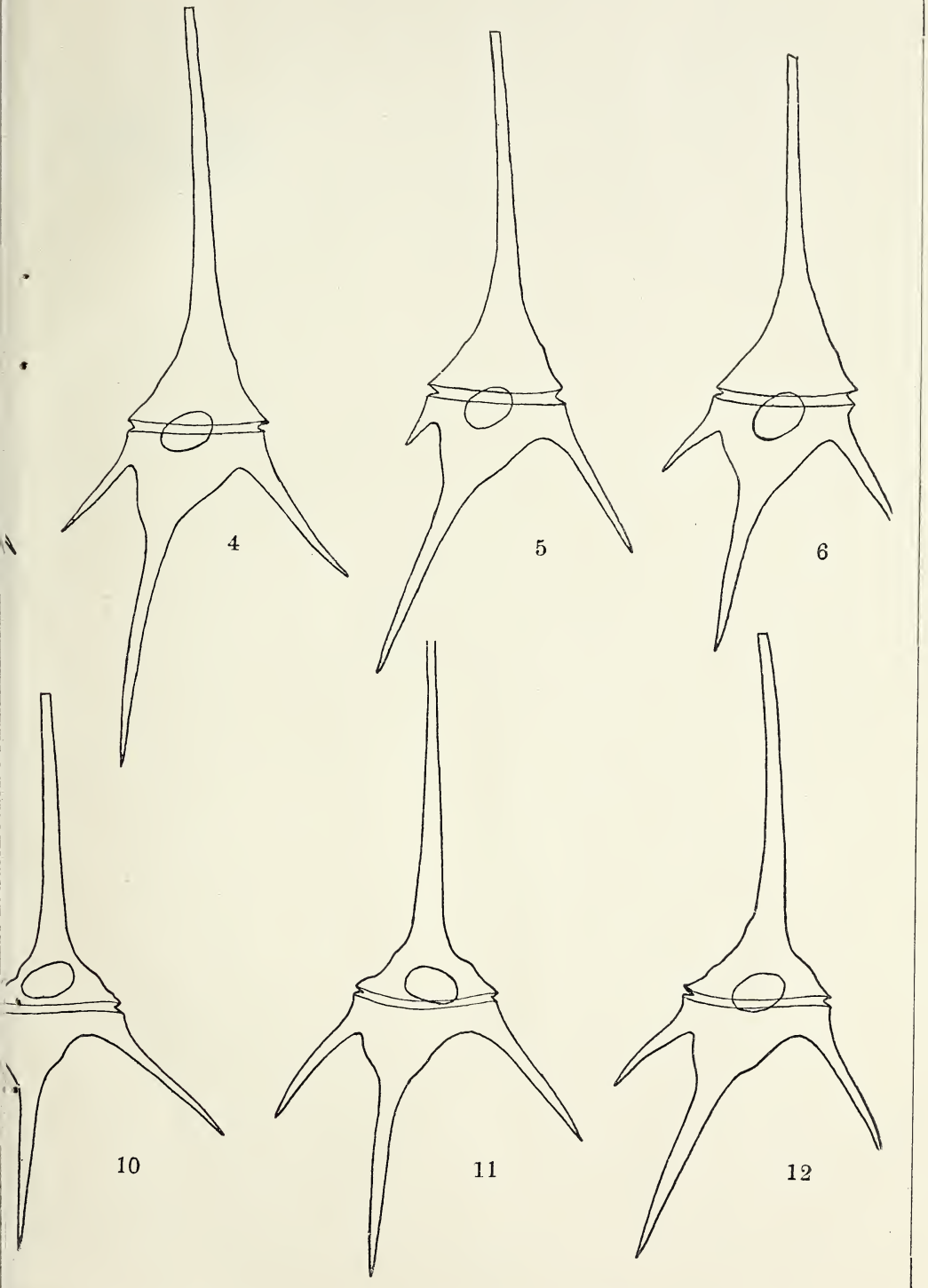
7



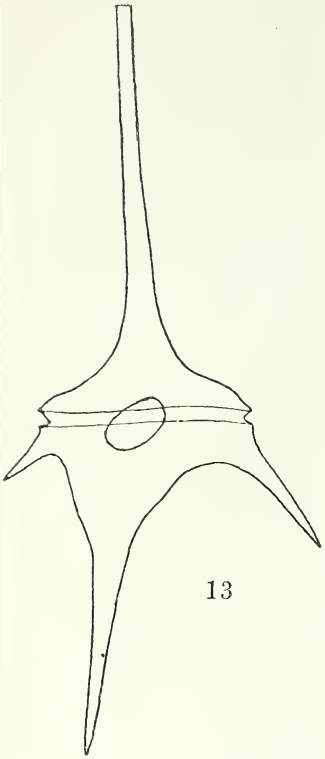
8



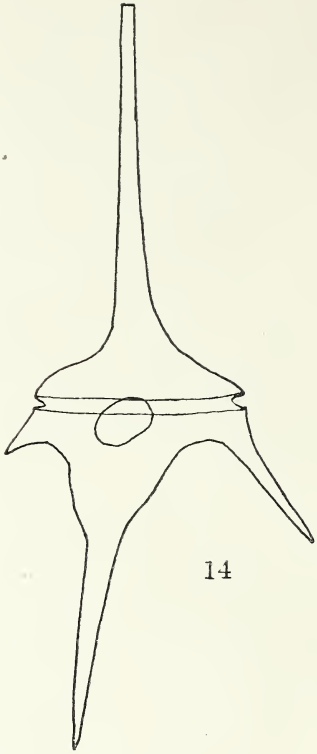
9



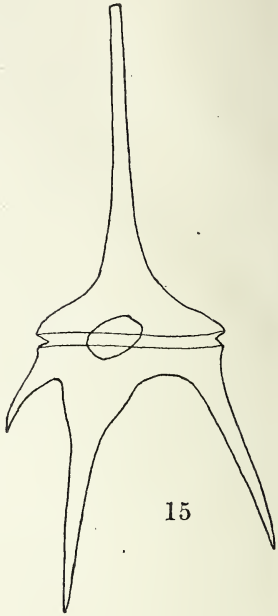
gelmann in Leipzig.



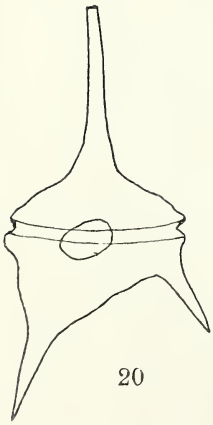
13



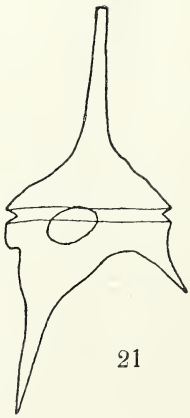
14



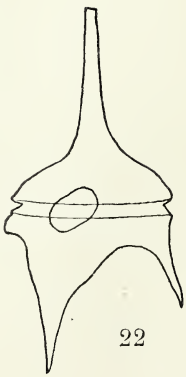
15



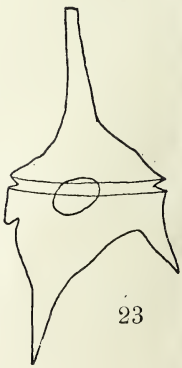
20



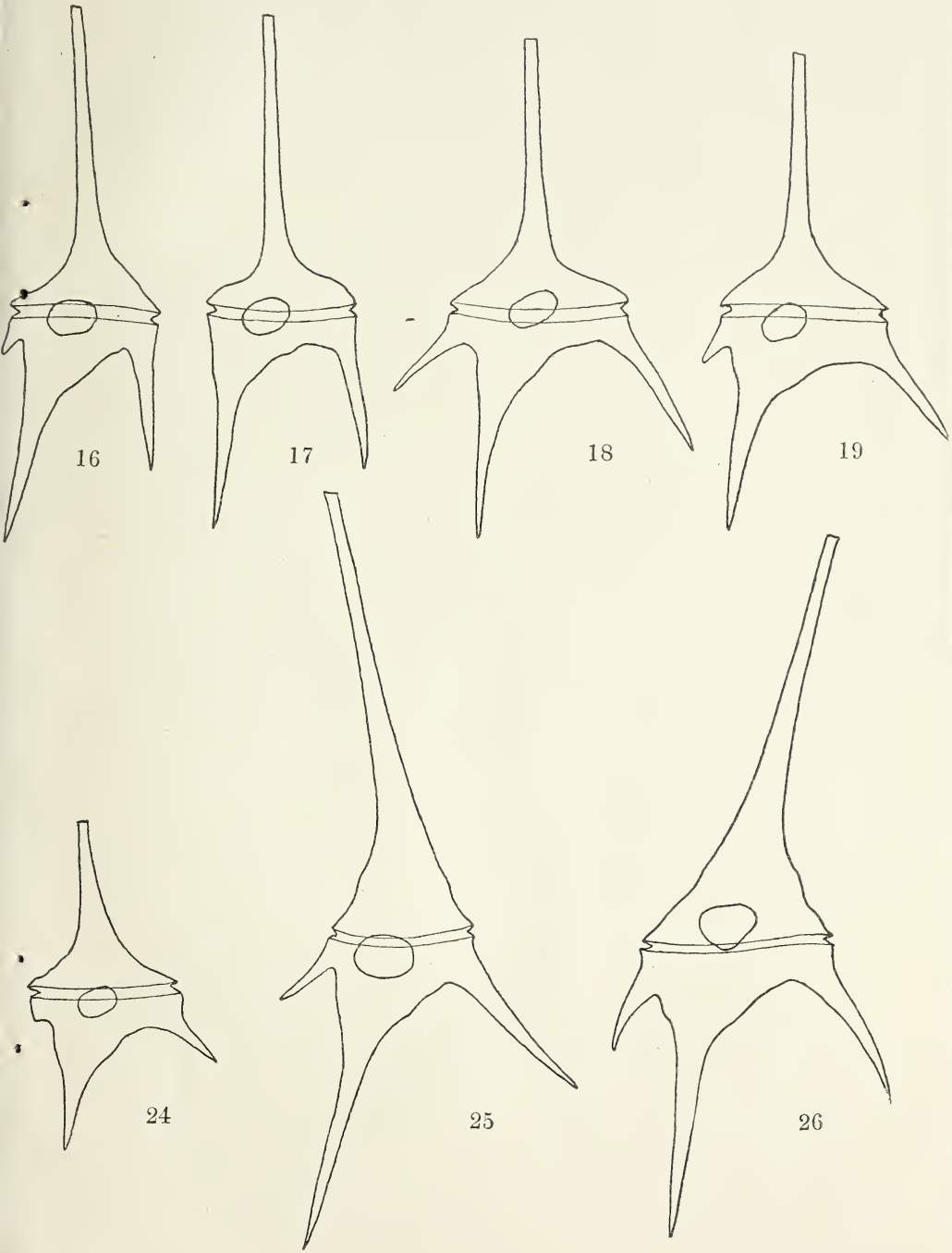
21



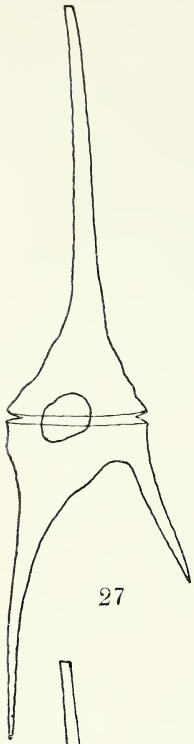
22



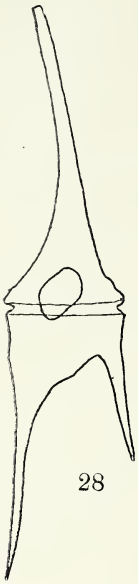
23



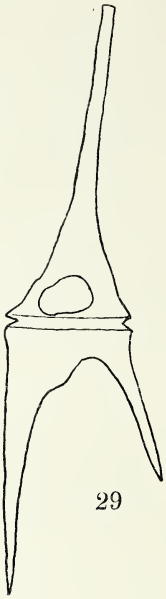
gelmann in Leipzig.



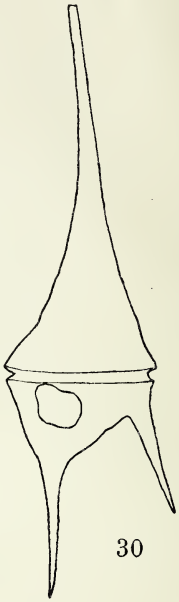
27



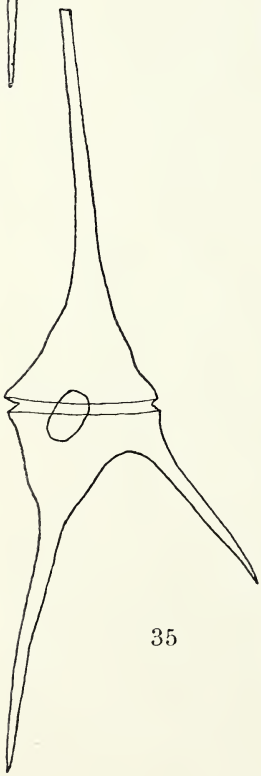
28



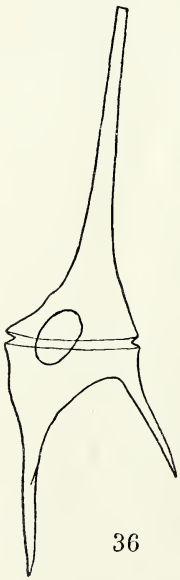
29



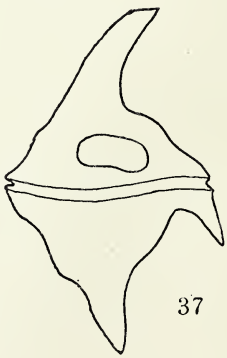
30



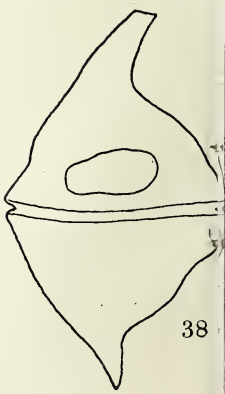
35



36

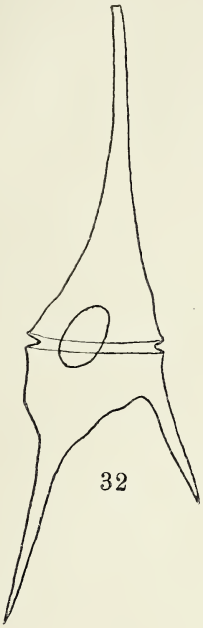


37

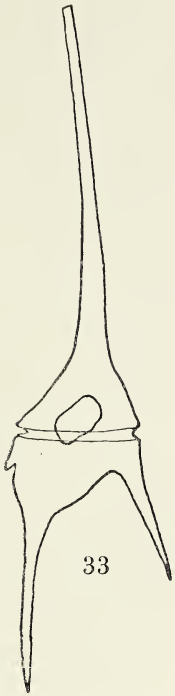


38

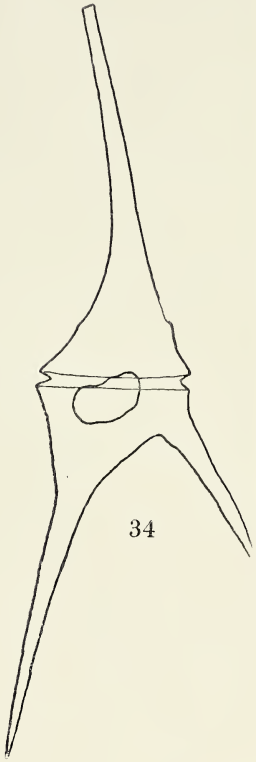
31



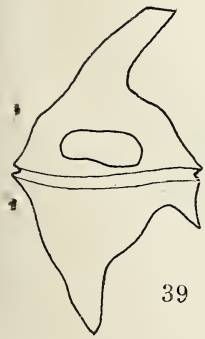
32



33

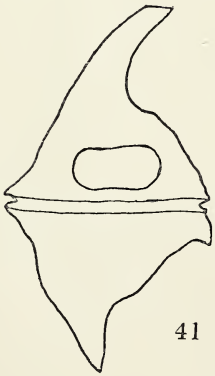


34

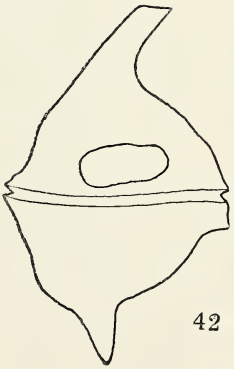


39

40

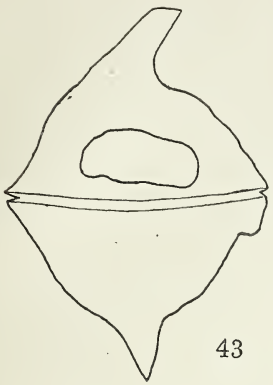


41

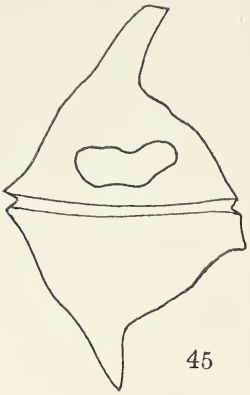


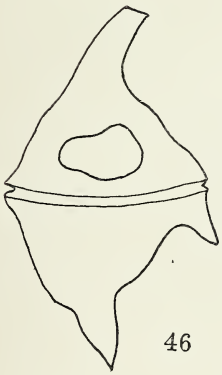
42

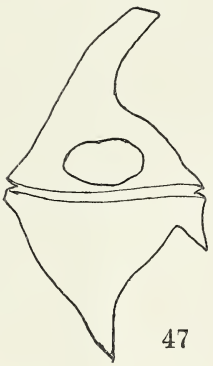
gelmann in Leipzig.

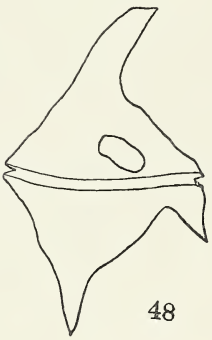

43

44


45

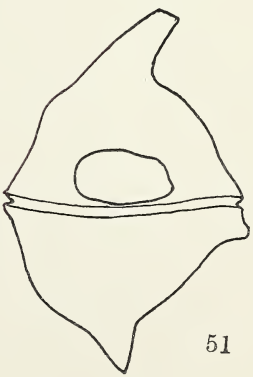

46


47


48

49

50


51

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Vorlesungen über Vergleichende Tier- und Pflanzenkunde

Zur Einführung für Lehrer, Studierende und Freunde der Naturwissenschaften

von

Dr. Adolf Wagner

Außerord. Professor an der Universität Innsbruck

VIII u. 518 S. Gr. 8. Geheftet ℳ 11.—; in Leinen geb. ℳ 12.50

Wir haben hier jedenfalls ein gedankenreiches Buch vor uns, das demjenigen, der bereits einen gründlichen Überblick über Bau und Leben der Pflanzen durch Studium und Beobachtung sich verschafft hat, förderlich sein wird.

Botanische Jahrbücher.

.... Diesen Umstand an den Tatsachen zu würdigen, erklärt Verfasser für die Hauptaufgabe seines klar und schön geschriebenen Werkes, dessen Studium auch denen reichen Gewinn bringen wird, die seinen vitalistischen Standpunkt nicht teilen. *Zentralblatt für Zoologie, allgem. u. experim. Biologie.*

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Inhalt des 3. Heftes

... Figuren im Text und Tafel XV—XVI ... 279
... Über die ständige Zusammensetzung des Verbindungsstranges ... Mit Tafel XVII ... 305
... Die Spermien der Haarmücken (Bibionidae). Ein Beitrag zur Kenntnis der Samenkörper der Dipteren. Mit 17 Figuren im Text und Tafel XVIII ... 339
... Über das Verhältnis von Zellkern und Zellplasma bei Ceratium und seine Bedeutung für Variation und Periodizität. Mit Tafel XIX—XXII ... 393
... Die Spermien der Stubenfliege. Mit Tafel XXIII ... 497
... Zur Kenntnis der Gelbzellen (Xanthophoren) in der Haut von Rana. Mit Tafel XXIV ... 515
... Über die Vereinigungen der Rotzellen mit Granulazellen in der Haut von Mullus und Crenilabrus. Mit Tafel XXV ... 547

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe

Von

Rudolf Höber

Vierte, neubearbeitete Auflage

Mit 75 Figuren im Text

XVIII und 808 Seiten Groß-Oktav

In Leinen gebunden ℳ 20.—

Aus den Besprechungen:

Die Brauchbarkeit des bekannten Buches auch in der Neuauflage zu betonen, ist überflüssig, denn es ist für jeden, der auf diesem Gebiet arbeitet, unentbehrlich. *Münchner medizinische Wochenschrift.*

Die schnelle Folge der Neuauflagen der Physikalischen Chemie von Höber ist der beste Beweis, wie sehr das Interesse für dieses schwierige Gebiet in naturwissenschaftlichen und ärztlichen Kreisen gewachsen ist. ... Sicherlich ist es gerade das Höbersche Werk zu dem Besten, was wir in der deutschen naturwissenschaftlichen Handbuchliteratur besitzen. ... Die neue Auflage ist gegen die frühere bedeutend vergrößert. ... Die deutsche Literatur kann auf dieses Werk stolz sein. *Berliner klinische Wochenschrift.*

Auch die vorliegende neue Auflage ist dem Fortschritt der Wissenschaft entsprechend gefördert, und insbesondere darf man mit Freuden begrüßen, daß die später und neuerdings gefundenen Fortschritte in dem neuen eingehend verwertet wurden. ... Höbers Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe ist ein Buch, das jeder Biologe, der sich mit den Problemen der Zellphysiologie befaßt, kennen muß, und das jeder, der sich eingehend mit diesen Problemen beschäftigt, besitzen sollte. *Zeitschrift für physikalische Chemie.*

Das Buch ist auch in seinem neuen Gewande das beste, was wir auf dem Gebiete der physikalischen Chemie der Zelle besitzen, und es kann jedem, der sich mit diesen Fragen beschäftigt, nur dringend empfohlen werden. *Zentralblatt für Physiologie und Pathologie.*